



**Universidad  
Zaragoza**

## Trabajo Fin de Grado

### Explotación de herramientas digitales cartográficas en apoyo a ejercicios y operaciones

Autor

Enrique Rubio García

Directores

Director militar: Capitán Alberto Javier Moratinos Sánchez

Director académico: Jorge Alberto Jover Galtier

Centro Universitario de la Defensa - Academia General Militar

2018



## Resumen

El proyecto consiste en probar la viabilidad de explotación y fomentar el uso, tanto cuantitativa como cualitativamente, de las herramientas digitales cartográficas en apoyo a ejercicios y operaciones. Es decir, se pretende encontrar una herramienta que permita mejorar el proceso de planeamiento, el estudio del terreno y la conducción de las operaciones en tiempo real.

Para ello, se ha realizado una encuesta que recoge los requisitos y necesidades con los que se encuentra actualmente la unidad y el grado de implementación vigente con el que cuentan este tipo de herramientas. Los resultados muestran que la utilización de herramientas digitales cartográficas es una mezcla heterogénea de *software* civil y militar, cada una con sus características, especificaciones y limitaciones propias, razón por la cual se realiza un estudio del estado del arte en el apartado de antecedentes y en la comparativa de herramientas.

Una vez obtenidas las necesidades de la unidad se busca la herramienta que mejor satisfaga las demandas, comparando las distintas características de cada programa. Para realizar dicha comparación, se realiza una introducción previa de qué tipo de herramientas existen (herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y aplicaciones de apoyo a receptores de Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS)), cuál es su modo de uso y sus principales funcionalidades. Es decir, se busca cribar qué herramientas despuntan en el proceso de planeamiento y en el análisis del terreno por su funcionalidad SIG o cuáles son más adecuadas para la conducción y el desarrollo de operaciones. La realización de una tabla comparativa, el análisis de la misma, el análisis de los datos obtenidos de la encuesta y el apoyo en estudios de otros trabajos conforman la metodología seguida para la determinación de la herramienta idónea.

Carta Digital es la aplicación elegida como más adecuada y la encargada de solucionar los principales problemas que se han diagnosticado (la movilidad a pie y en vehículos, la dificultad de determinar la naturaleza de las zonas boscosas, la determinación de zonas vistas y ocultas y la dificultad de plasmar el terreno en un modelo 3D). Estos problemas, extraídos de los resultados de la encuesta, nacen de las exigencias reales a las que se enfrentan día a día las unidades. La aplicación de Carta Digital a los casos prácticos pretende mostrar la capacidad de análisis y la capacidad resolutoria que estas herramientas aportan frente a los problemas encontrados. Una problemática importante a destacar es el proceso de transferir la información del ordenador al campo, lugar donde se desarrollan la mayoría de ejercicios y operaciones. La compatibilidad entre ambos espacios y la disponibilidad de información en tiempo y lugar suponen la clave del éxito de un buen planeamiento y ejecución.

Tras la aplicación de la herramienta se obtienen unas conclusiones del proceso de análisis, comparación y aplicación de Carta Digital y se realiza una propuesta: la explotación de Carta Digital en apoyo a ejercicios y operaciones. Dicha propuesta pretende unificar el uso de herramientas cartográficas digitales y destacar Carta Digital como el *software* más adecuado para el proceso de planeamiento y conducción en ejercicios y operaciones.

Por otra parte, se realiza un análisis DAFO y un análisis cualitativo para contextualizar el motivo y ámbito de aplicación y conocer y controlar mejor los posibles riesgos de la propuesta realizada. El análisis DAFO nos da una visión global de cuál es la situación en la que se enmarca el proyecto, detectando las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades. Este análisis pretende dar veracidad a la propuesta y mostrarla como un proyecto viable y realizable en el marco del ET. Por otro lado, el análisis cualitativo prioriza y jerarquiza los riesgos anteriormente mencionados con el fin de tomar medidas preventivas. Este análisis cualitativo de riesgos pretende prevenir costes, retrasos y demás inconvenientes relacionados con el desarrollo del mismo.

De todo este proceso se extraen una serie de conclusiones para comprobar si es viable la explotación de herramientas digitales cartográficas (más concretamente de Carta Digital) y si los objetivos del proyecto han sido cumplidos:

- 1) El terreno es uno de los factores decisivos en el desarrollo de operaciones y ejercicios y por ende, existe la necesidad de disponer de herramientas digitales cartográficas que estudien y analicen las particularidades del terreno.
- 2) Los resultados de la encuesta reflejan que la utilización de este tipo de herramientas es habitual en las unidades, pero no existe ningún criterio unificado en cuanto a su uso.
- 3) El análisis comparativo muestra Carta Digital como una alternativa sólida y segura, en propiedad del Ejército de Tierra y con un rasgo diferenciador muy destacable: capacidad de análisis SIG. Esta funcionalidad SIG permite realizar una serie de consultas y trabajos específicos que se amoldan perfectamente a las principales necesidades actuales con las que cuentan las unidades.
- 4) La síntesis entre la versión *desktop* y la aplicación móvil hacen de Carta Digital la herramienta adecuada para el planeamiento y conducción de ejercicios y operaciones.

Además de ello, se introducen una serie de líneas futuras de investigación sobre las que mejorar el empleo de Carta Digital y fomentar su uso de manera homogénea y estandarizada: implementar un curso oficial de Carta Digital, hacer su uso más intuitivo, informar a las unidades de las capacidades y utilidad de la herramienta y adaptar las carencias que presenta frente a otro *software* civil. Estas líneas futuras están muy relacionadas con el análisis cualitativo de riesgos realizado, el cual, como se ha estudiado en el propio documento, ayuda a prevenir los riesgos relacionados con el proyecto.

## **Abstract**

The project consists of testing the viability of exploitation and encouraging the use, both quantitatively and qualitatively, of digital cartographic tools in support of exercises and operations. That is to say, it is intended to find a tool that allows the units to improve the planning process, the study of the land and the conduct of operations in real time.

For this purpose, a survey has been conducted that includes the present requirements and needs of the unit and the current level of implementation of these tools. The results show that the use of digital cartographic tools is a heterogeneous mixture of civil and military software, each with its own characteristics, specifications and limitations. A study of the state of the art is carried out in order to describe these cartographic tools.

Once the needs of the unit have been determined, the tool that best satisfies the demands is looked for, comparing the different characteristics of each program. To make such a comparison, a preliminary introduction is made on the existing tools (Geographic Information Systems (GIS) tools and support applications for Global Navigation Satellite Systems (GNSS)), what is its mode of use and its main functionalities. The goal is to determine which tools stand out in the planning process and in the analysis of the terrain by its SIG functionality or which are more suitable for the conduction and development of operations. The realization of a comparative table, the analysis of the same, the analysis of the data obtained from the survey and the support in studies of other works conform the methodology followed for the determination of the adequate tool.

Carta Digital is the application chosen as the most appropriate and it is used to solve the main problems that have been diagnosed (mobility on foot and in vehicles, the difficulty of determining the nature of wooded areas, the determination of visible and hidden areas and the difficulty to capture the terrain in a 3D model). These problems, determined from the answers of the survey, arise from the real demands that the units face every day. The use of Carta Digital aims to show the analytical capacity and the resolute capacity that these tools provide to solve the encountered problems. An important problem to highlight is the process of transferring information from the computer to the field, where most of the exercises and operations take place. The compatibility between both spaces and the availability of information in time and place are the key to success of good planning and execution.

After the application of the tool some conclusions of the process of analysis, comparison and application of Carta Digital are obtained and a proposal is made: the exploitation of Carta Digital in support of exercises and operations. This proposal aims to unify the use of digital cartographic tools and highlight Carta Digital as the most appropriate software for the planning and conduct process in exercises and operations.

On the other hand, a SWOT analysis and a qualitative analysis are carried out to contextualize the range of application and to determine and better control the possible risks of the proposal. The SWOT analysis gives us a global vision of the situation in which the project is framed, detecting weaknesses, threats, strengths and opportunities. This analysis tries to give veracity to the proposal and to show it as a viable and feasible project

within the framework of the ET. On the other hand, the qualitative analysis prioritizes the aforementioned risks in order to take preventive measures. This qualitative risk analysis aims to prevent costs, delays and other problems related to its development.

From this whole process a series of conclusions are drawn up to check whether the exploitation of digital cartographic tools (more specifically, Carta Digital) is feasible, and whether the objectives of the project have been met:

- 1) The terrain is one of the decisive factors in the development of operations and exercises and therefore, there is a need to have digital cartographic tools that study and analyze the particularities of the terrain.
- 2) The results of the survey show that the use of this type of tool is common in the units, but there is no unified criterion regarding its use.
- 3) The comparative analysis shows Carta Digital as a solid and safe alternative, owned by the ET and with a very differentiating feature: GIS analysis capacity. This GIS functionality allows the units to carry out a series of specific consultations and tasks that are perfectly adapted to the main current needs of the units.
- 4) The synthesis between the desktop version and the mobile application make Carta Digital the right tool for planning and conducting exercises and operations.

In addition, a series of future research lines are introduced to improve the use of the Carta Digital and to encourage its use in a standardized and homogeneous manner: implementing an official Carta Digital course, making its use more intuitive, informing the units of the capabilities and utility of the tool and adapting the deficiencies that it presents with respect to other civil software. These future lines are closely related to the qualitative risk analysis carried out since, as it has been studied in the document, it helps to prevent the risks related to the project.

## **Agradecimientos**

Quisiera expresar mi agradecimiento al Doctor Jorge Alberto Jover Galtier por haber realizado un gran trabajo de supervisión y dirección de la presente memoria durante su composición. Agradecer del mismo modo al Capitán D. Alberto Javier Moratinos Sánchez todo su apoyo y asesoramiento acerca de la unidad y el empleo de las herramientas cartográficas en ellas. Ambos han supuesto los dos grandes pilares en los que se ha fundamentado el éxito del presente trabajo.

Por otro lado, me gustaría realizar un agradecimiento colectivo al Tercio Don Juan de Austria tercero de la Legión por su magnífica acogida e integración durante el periodo de prácticas. Este hecho y la activa participación de su personal en la realización de la encuesta y demás consultas realizadas han supuesto una pieza clave para la realización del proyecto.

Agradezco al profesor Alberto García Martín su asesoramiento técnico sobre la temática ya que me ha facilitado a afrontar y estructurar adecuadamente el trabajo, además de proporcionarme las fuentes necesarias para la investigación y documentación.

Por último, me gustaría agradecer el apoyo brindado por todos aquellos que me han acompañado en mi formación académica, militar y moral. Profesores, tanto civiles como militares, familia y compañeros han sido el motor que me ha impulsado estos últimos años.

## Índice de figuras

Figura 1: Etapas de desarrollo de los SIG [7] .....	3
Figura 2: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Empleo.....	5
Figura 3: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Empleo.....	5
Figura 4: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Formación .....	6
Figura 5: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Frecuencia de uso .....	7
Figura 6: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Información .....	8
Figura 7: Aplicaciones GNSS y aplicaciones SIG para smartphones o tablets [14] .....	11
Figura 8: Resultados de los análisis cuantitativos de SIG-tácticos vehiculares [3].....	14
Figura 9: Resultados de cada SIG-táctico vehicular en las diferentes categorías de requisitos [3] .....	14
Figura 10: Resultados de los análisis cuantitativos de SIG-tácticos no vehiculares [3].....	15
Figura 11: Resultados de cada SIG-táctico no vehicular en las diferentes categorías de requisitos [3] .....	15
Figura 12: Navegación en la aplicación Carta Digital Android [17].....	17
Figura 13: Herramienta de pendientes aplicada a un modelo de elevaciones .....	18
Figura 14: Herramienta perfil aplicada a un itinerario .....	18
Figura 15: Herramienta filtro por atributos: Clasificación del terreno en función de su tipología .....	19
Figura 16: Carreteras disponibles sobre el terreno de la figura 15 clasificado por tipología. ....	19
Figura 17: Herramienta filtro por atributos: Clasificación del terreno en función del tipo de vegetación .....	20
Figura 18: Herramienta visibilidad aplicada sobre un modelo de elevaciones desde la posición “enemigo” .....	21
Figura 19: Herramienta modelo 3D: foto aérea de la Academia General Militar y modelo 3D de la Academia General Militar [21] .....	22
Figura 20: Herramienta modelo 3D: Campo de maniobras de San Gregorio [21].....	22
Figura 21: Imagen de ejemplo de Carta Digital .....	35
Figura 22: Imagen APP-6 Carta Digital.....	35
Figura 23: Ejemplos de visualización de OziExplorer .....	37
Figura 24: Ejemplos de visualización de CompeGPS Land.....	38
Figura 25: Ejemplo visualización Oruxmaps .....	40



## Índice de tablas

Tabla 1: Tabla comparativa de herramientas digitales cartográficas (Ver anexos C, D y E).....	12
Tabla 2: Análisis DAFO: Explotación de Carta Digital en apoyo a ejercicios y operaciones .....	24
Tabla 3: Matriz de riesgos del proyecto .....	26
Tabla 4: Análisis cualitativo de riesgos.....	42

## Índice de abreviaturas

Abreviatura	Descripción
AGM	Academia General Militar
Cap.	Capitán
CUD	Centro Universitario de la Defensa
ET	Ejército de Tierra
FAS	Fuerzas Armadas
GNSS	Sistemas Globales de Navegación por Satélite
MAPO	Compañía de Mando y Apoyo
OTAN	Organización del Tratado Atlántico Norte
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIGMIL	Sistema de Información Geográfica Militar
UE	Unión Europea
3D	Tres dimensiones

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimientos .....</b>	<b>V</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>VI</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de abreviaturas.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos y alcance del proyecto .....	1
1.2 Ámbito de aplicación .....	1
1.3 Antecedentes.....	2
1.4 Estructura de la memoria .....	3
<b>2 Desarrollo del proyecto.....</b>	<b>4</b>
2.1 Definición de requisitos .....	4
2.2 Comparativa de herramientas .....	9
2.2.1 Herramientas SIG .....	9
2.2.2 Aplicaciones de apoyo a receptores GNSS .....	10
2.2.3 Elección de la herramienta .....	11
2.3 Resolución de problemas.....	16
2.3.1 Trasferencia de información al campo .....	16
2.3.2 Casos prácticos.....	17
2.4 Conclusiones del análisis de herramientas y propuesta .....	23
<b>3 Análisis de riesgos.....</b>	<b>23</b>
3.1 Análisis DAFO.....	23
3.2 Análisis Cualitativo.....	25
<b>4 Conclusiones .....</b>	<b>28</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>30</b>
<b>Anexo A: Encuesta .....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo B: Características de Carta Digital.....</b>	<b>33</b>
<b>Anexo C: Características de Oziexplorer y CompeGPS.....</b>	<b>36</b>
<b>Anexo D: Características Oruxmaps .....</b>	<b>39</b>
<b>Anexo E: Carta Digital Android .....</b>	<b>41</b>
<b>Anexo F: Análisis cualitativo de riesgos .....</b>	<b>42</b>

Página dejada intencionalmente en blanco.

# **Explotación de herramientas digitales cartográficas en apoyo a ejercicios y operaciones**

## **1 Introducción**

Actualmente en el Ejército de Tierra (ET) existe una gran y exigente demanda de información en un amplio espectro de campos. Uno de ellos es la cartografía y el terreno que representa, ya que la mayor parte de ejercicios, maniobras, misiones y demás actividades que se llevan a cabo necesitan un detallado estudio del terreno. Como dijo el Capitán (Cap.) Antonio José Medina Fuentes: “El apoyo geográfico a las operaciones es fundamental para el desarrollo de las mismas” [1]. Sin embargo, este apoyo geográfico no solo se consigue con la producción y distribución de cartografía, ya que se necesita profundizar en la orografía del terreno y conocer al máximo cada detalle. Es en este contexto en el que las herramientas cartográficas digitales juegan un papel fundamental, ya que permiten visualizar y tratar el terreno con mayor facilidad.

### **1.1 Objetivos y alcance del proyecto**

El propósito de este trabajo se basa en la potenciación del uso adecuado de herramientas cartográficas digitales en apoyo a ejercicios y operaciones. Es decir, se pretende aumentar su utilización y ofrecer la mejor herramienta posible tras haber realizado una comparación entre ellas. De este modo, los objetivos de la presente memoria pueden resumirse en:

1. Identificar las necesidades actuales en relación a la cartografía y el terreno.
2. Comparar las distintas herramientas disponibles y seleccionar la más adecuada para la resolución de los problemas.
3. Analizar la integración del uso de herramientas cartográficas digitales en el proceso de planeamiento y toma de decisiones durante la conducción.
4. Solventar los problemas diagnosticados referidos al terreno con herramientas cartográficas digitales.

El alcance del proyecto pasa por determinar una herramienta adecuada que cumpla con los requisitos recogidos en las encuestas y sea capaz de resolver los problemas planteados. En consonancia con la elección de la herramienta, se pretende seleccionar una herramienta capaz de transferir la información al campo. Es decir, la interoperabilidad con medios móviles como *smartphone* o los receptores de los GNSS es un punto esencial del proyecto.

### **1.2 Ámbito de aplicación**

El ámbito de aplicación del presente trabajo es el ET, más concretamente las unidades de maniobra como las de infantería ligera, mecanizada y acorazada. Dentro del ET podemos encontrar distintos escenarios en los que aplicar las herramientas cartográficas digitales, como por ejemplo las periódicas maniobras que realizan la mayor parte de unidades. Estas unidades disponen de múltiples campos de maniobras repartidos por toda España y la orografía de cada uno de ellos varía considerablemente. Esta variabilidad propicia la preferencia de algunos campos de maniobras a unidades ligeras,

mecanizadas o acorazadas. A través de la utilización de este tipo de herramientas digitales cartográficas, se pueden planificar las maniobras con un mayor detalle y ajustar los ejercicios que se realizarán al terreno que posteriormente se encontrarán [2].

Otro aspecto muy importante que se enmarca dentro de la acción del ET son las misiones internacionales que se realizan en el exterior. Es en este tipo de ejercicios en los que la información cobra mucho más valor, ya que el estudio del terreno se debe realizar mucho antes de llegar a la zona de operaciones, dada su lejanía. Además, se debe recordar que en dichas operaciones puede existir personal hostil con experiencia en la zona, por lo que cuenta con una gran ventaja táctica. Las herramientas cartográficas digitales que se analizan en este proyecto ayudan a estrechar la brecha de información que nos separa de estos individuos y nos permite ampliar nuestro rango de acción [2].

Dado que la unidad en la que se ha desarrollado el proyecto es de carácter principalmente ligero, las necesidades y demandas que se recogerán serán principalmente referidas a personal a pie, vehículos ligeros o camiones. No obstante, la aplicación de herramientas cartográficas digitales se puede trasladar a unidades mecanizadas y acorazadas [3].

### **1.3 Antecedentes**

A lo largo de los años de la historia militar, el estudio del terreno siempre ha supuesto una cuestión de vital importancia. Existen numerosos ejemplos de grandes batallas en las que el dominio y conocimiento del terreno supusieron una ventaja decisiva decantando la balanza del combate. Podríamos citar desde la época del Imperio Romano hasta los tiempos modernos ya que, aunque los medios han cambiado, la esencia de conocer el campo de batalla ha perdurado durante milenios. Sun Tzu, un famoso estratega militar chino del siglo IV antes de cristo, en su “Arte de la guerra”, ya trataba esta temática en su capítulo titulado “El terreno” [4].

Estos medios de los que hablamos han sufrido una gran evolución, sobre todo con el enorme salto tecnológico que se ha producido estas últimas décadas. Una prueba de ello son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), capaces de almacenar, tratar, ordenar y analizar datos relacionados a una referencia espacial, facilitando la toma de decisiones de forma más eficaz [5].

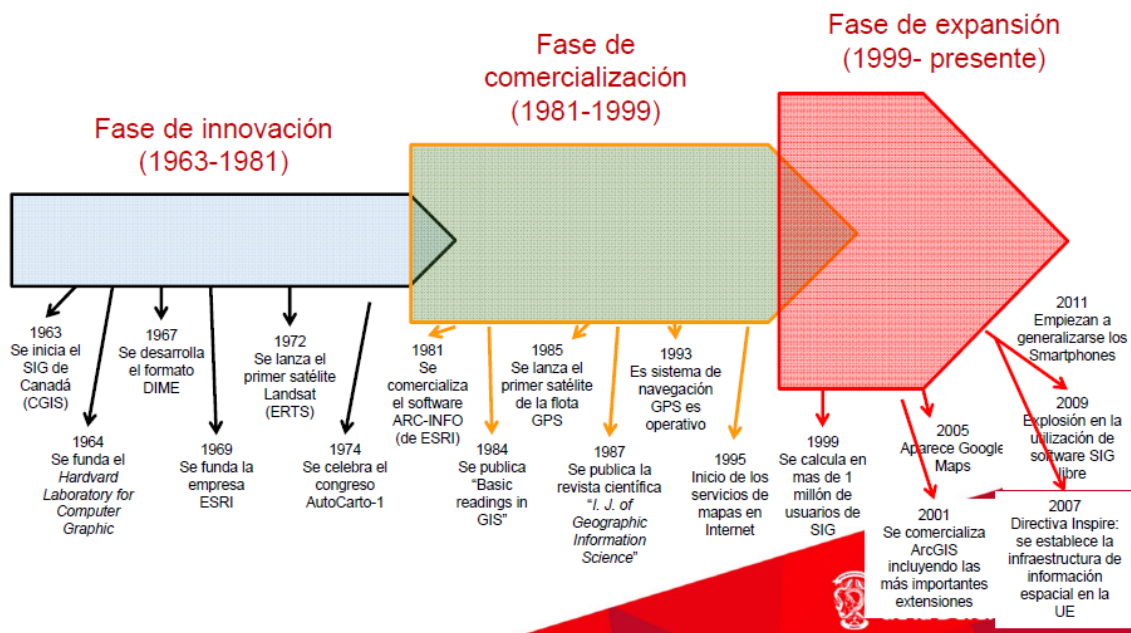
Es en este contexto en el que nació Carta Digital (1994) para dar respuesta a todos estos interrogantes planteados acerca del terreno. Aquella versión permitía la gestión de la cartografía en soporte digital y formato vectorial y en 1997 el Centro Geográfico del ET diseñó otra aplicación llamada Mapa Militar Digital de España que podía tratar la información ráster y la vectorial. Desde entonces hasta 1999 se procedió al desarrollo progresivo de nuevas funciones dando lugar a numerosas versiones de la aplicación Carta Digital e incluso se diferenció la versión civil de la militar [6].

El nacimiento del programa Sistema de Información Geográfica Militar (SIGMIL) se efectúa por fases y se prolonga desde 1999 hasta el 2008. El SIGMIL es resultado del continuo desarrollo de las librerías y las aplicaciones de ésta. Los diversos sistemas que implementan el SIGMIL han permitido ejecutar numerosas operaciones y ejercicios internacionales, de ahí el interés de completar y mejorar aspectos referentes a la información geográfica. Aunque la Carta Digital esté basada en los componentes de la

librería SIGMIL mencionada anteriormente, constantemente se procede a la incorporación de las futuras mejoras, para generar nuevas versiones, y así adaptarla a los diferentes niveles de exigencia por parte del usuario, según las necesidades específicas[6].

No obstante, la aparición de aplicaciones civiles ha supuesto una nueva alternativa a Carta Digital. Actualmente en el ET, como posteriormente se verá en la encuesta, la utilización de ambos tipos de herramientas se solapa y complementan.

El primer SIG nació en los años 60 y desde entonces los avances en electrónica, informática y programación han permitido la creación de dispositivos con mayor velocidad y capacidad y la creación de bases de datos relacionales y orientados a objetos y nuevos algoritmos de cálculo. El proceso de evolución ha seguido distintas fases:



*Figura 1: Etapas de desarrollo de los SIG [7]*

## 1.4 Estructura de la memoria

La memoria se ha estructurado en cuatro grandes bloques. En el primer apartado, la introducción, se ha contextualizado el tema tratado dentro del panorama actual, tanto en el ET como en el campo de la cartografía.

En el segundo apartado, el desarrollo del proyecto, se presenta el trabajo realizado de recopilación, estudio y comparativa de la información. En primer lugar, se ha realizado una encuesta para recopilar cuál es el estado actual de la unidad en tema de herramientas cartográficas. A continuación, se ha procedido a realizar una comparativa entre las distintas herramientas más utilizadas y comunes. El tercer punto de este segundo apartado se centra en la resolución de problemas, tanto de interoperabilidad como de casos prácticos reales. Por último, se desarrollan unas breves conclusiones del análisis de herramientas y se realiza una propuesta.

El tercer apartado trata sobre el análisis de riesgos realizado en base a la propuesta elaborada en el apartado 2.4 Conclusiones del análisis de herramientas y propuesta. Se

han valorado cuáles son los principales riesgos por los que la propuesta pueda fracasar y se ha realizado un análisis DAFO y un análisis cualitativo de riesgos.

El cuarto y último apartado, recoge una síntesis de todo el proyecto y plasma cuáles son los resultados del mismo. De la misma manera, se presentan unas posibles líneas futuras de mejora y formación de la herramienta.

## **2 Desarrollo del proyecto**

### **2.1 Definición de requisitos**

El primer paso a la hora de realizar el proyecto pasa por averiguar cuáles son las necesidades actuales de la unidad y cuál es el estado actual de la misma en cuanto a herramientas cartográficas digitales se refiere (grado de utilización, tipo de herramienta, modo de uso...). Para obtener esta información se ha realizado una encuesta (Anexo A: *Encuesta*) a los mandos de la VIII bandera del tercer Tercio de La Legión incluyendo desde Jefe de Compañía (capitán) hasta Jefe de Pelotón (sargento) principalmente. Además de ello, también se ha encuestado a ciertos puestos tácticos de interés como pueden ser los tiradores selectos, la Compañía de Mando y Apoyo (MAPO) o la Plana Mayor de la Bandera. Estos elementos tienen una especial dependencia de la navegación y cartografía ya que suelen actuar aislados (tiradores y misiles de la MAPO) o por otro lado son los encargados directos de producir la inteligencia (información elaborada a través de la Plana) para las unidades subordinadas [8].

Dentro del propio cuestionario se pueden apreciar dos apartados: generalidades y misiones. En el primero, se pretende extraer información acerca de qué tipo de herramientas cartográficas digitales se utilizan, por qué y para qué se emplean. Además de ello, también se trata el tema del estudio del terreno y las principales dificultades que se encuentran en relación con éste. El segundo se centra en las misiones en el exterior y sus peculiaridades.

Cabe destacar las preguntas cuatro y siete ya que pretenden mostrar la calidad de la información que se está recibiendo. En la pregunta cuatro se cuestiona el modo en que se recibió la formación sobre esa herramienta. Una parte de las respuestas indican que los encuestados aprendieron el manejo de la herramienta de forma autodidacta. Este hecho pone en evidencia que la formación y conocimiento sobre la herramienta no es completo y por lo tanto puede que su utilización no se esté realizando de manera correcta. Ligado con la pregunta anterior está la pregunta siete, que trata sobre qué aspectos de la herramienta se podrían mejorar. En muchos casos se solicitan mejoras ya existentes o no se proponen mejoras, probando que el nivel de profundización sobre la materia es escaso o que las respuestas no son de la calidad esperada. Los resultados de la encuesta desglosados por preguntas son los siguientes:

Como se puede apreciar en la *Figura 2: Resultados estadísticos de la encuesta*. Apartado: Empleo, la mayoría de encuestados corresponde a Tenientes y Sargentos ya que son los jefes de las secciones y pelotones respectivamente. Estas entidades son la pieza base sobre la que se asientan las unidades de infantería y la navegación topográfica que se realiza a más bajo nivel corresponde a estas entidades. El número total de encuestados ha sido de 29 personas con un 45% de sargentos y un 27% de tenientes como grupos mayoritarios.



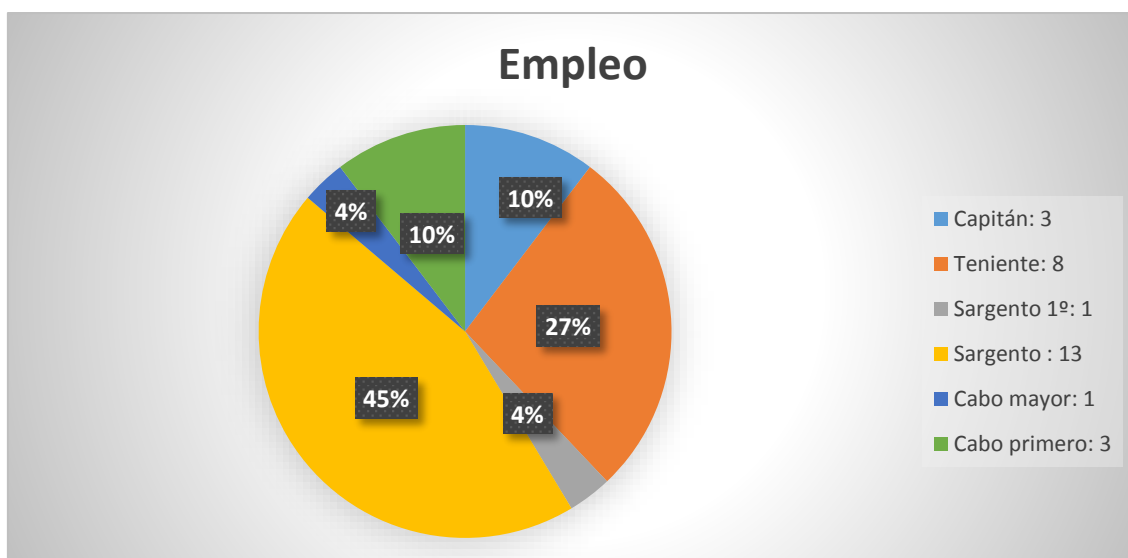


Figura 2: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Empleo

**1. ¿Ha utilizado o utiliza actualmente algún tipo de herramienta cartográfica digital? (Carta Digital, GV SIG). En caso afirmativo indique cuál.**

En la Figura 3 podemos ver que el total de herramientas utilizadas es mayor al número de encuestados. Esto es debido a que cada encuestado no se limita a responder una única aplicación sino que indica todas aquellas con las que ha trabajado o trabaja. Los sistemas más utilizados son Carta Digital y el CompeGPS (aplicación de TwoNav). Cabe destacar que se trata de dos tipos de herramientas distintas. Mientras que Carta Digital es un SIG, el CompeGPS es un sistema de apoyo a receptores GNSS (GPS utilizando terminología más vulgar) destinadas simplemente a generar cartografía (en muchos casos, solamente cartografía topográfica básica) y señalar una serie de itinerarios a seguir (*tracks*) y puntos de interés (*waypoints*) para el ejercicio. El 41% de los encuestados utiliza Carta Digital, el 34% utiliza CompeGPS y las herramientas de Oziexplorer y Oruxmaps son utilizadas por un 7%.

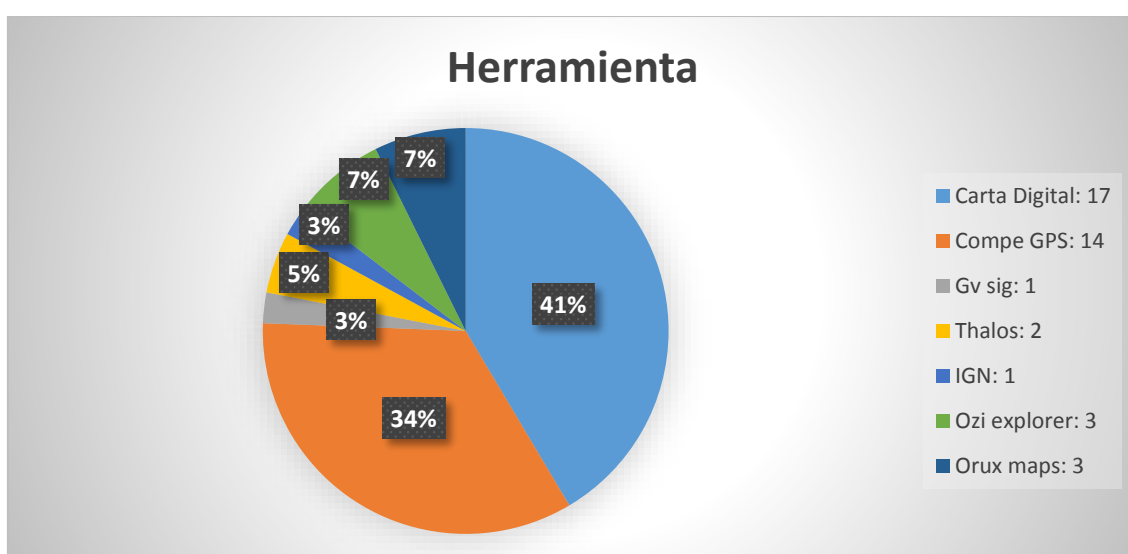


Figura 3: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Empleo

**2. ¿Por qué utiliza dicho sistema en preferencia con otros programas o aplicaciones del mercado?**

En cuanto a preferencia de empleo, Carta Digital sobresale por sus funciones específicas de análisis del terreno mientras que CompeGPS goza de una mayor facilidad de empleo y mayor compatibilidad de formatos a priori (más adelante se comprueban las diferencias con Carta Digital en un tabla comparativa).

**3. ¿Para qué emplea o empleó dicha herramienta? (planificación de maniobras, temas tácticos, misiones en el exterior...)**

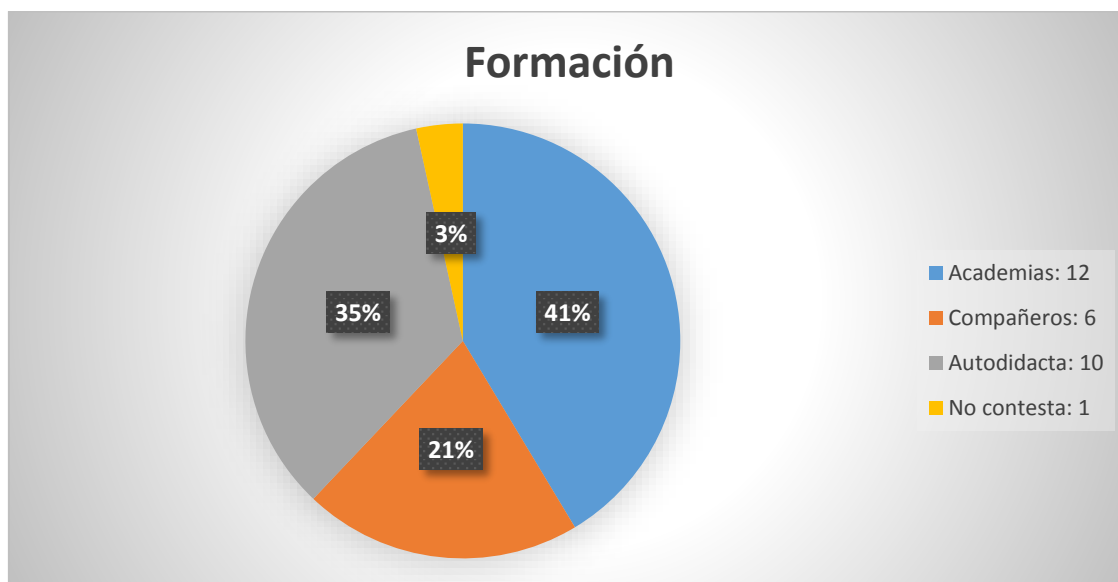
El empleo de este tipo de herramientas se basa fundamentalmente en la planificación de temas tácticos y su aplicación a la navegación, confección de rutas, waypoints etc.

**4. ¿Cómo recibió la formación para el uso de la herramienta?**

Cabe destacar que la gran mayoría de personal que recibió la formación en academias son sargentos y tenientes y la herramienta sobre la que la recibieron fue Carta Digital. Esto se debe a que existe una asignatura específica sobre este tipo de sistemas en la que se aprende a utilizar Carta Digital. Por el contrario, los mandos que utilizan otros sistemas de apoyo a receptores GNSS han aprendido de forma autodidacta o a través de sus compañeros. Este dato refleja que el conocimiento de la herramienta por parte de los mandos que utilizan Carta Digital es más sólido que la del resto. La formación recibida acerca de este tipo de herramientas está reflejada en la *Figura 4* y se puede distribuir en un 41% recibida en academias, un 35% de forma autodidacta y un 21% a través de los compañeros.

**5. A la hora de planificar las maniobras ¿Cómo realiza el estudio del terreno?**

La planificación de las maniobras y ejercicios se realiza tanto con el plano en papel como con apoyo de herramientas digitales cartográficas.



*Figura 4: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Formación*

**6. ¿Cuáles son las principales dificultades que se encuentran en relación al terreno?**

Dada la disparidad de respuestas acerca de las principales dificultades se han agrupado en las más frecuentes:

- Una de las principales dificultades es la movilidad de personal a pie y en vehículos.
- La dificultad de determinar con exactitud la naturaleza de las zonas boscosas es decir, la altura de la vegetación, la transitabilidad etc.
- La determinación de zonas vistas y ocultas es otra de las grandes dificultades que se encuentran en el planeamiento ya que la mayoría de unidades necesitan infiltrarse o avanzar sin ser descubiertas.
- Por último, la dificultad de plasmar el terreno en un modelo en tres dimensiones (3D) que facilite la interpretación de la orografía y su disposición.

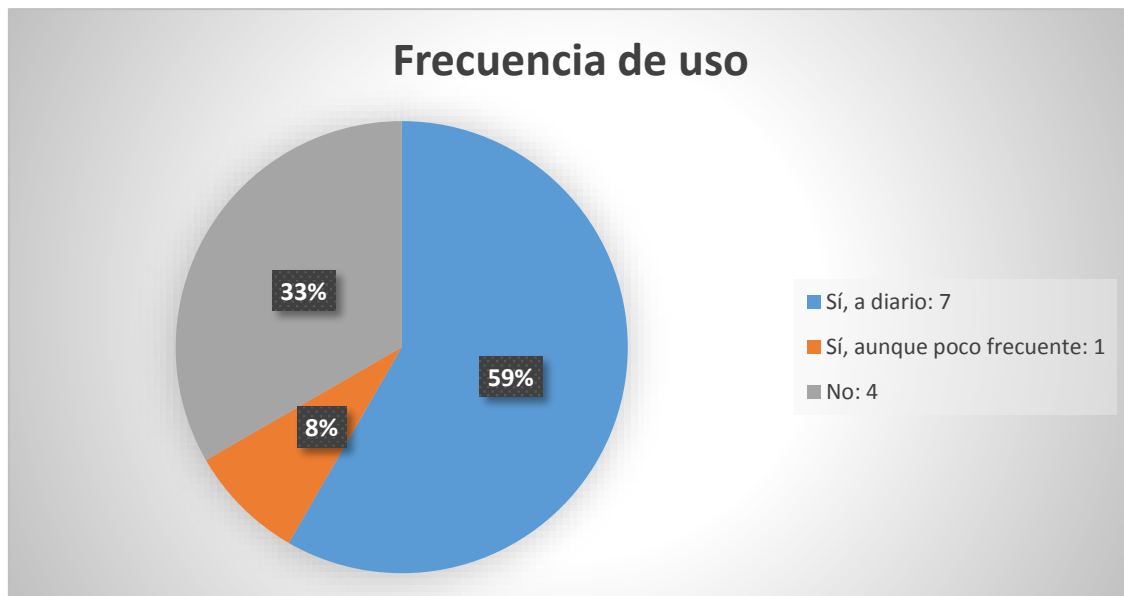
Más adelante, en el apartado de resolución de problemas se intentará resolver estas dificultades aplicando una herramienta cartográfica digital.

**7. ¿Qué rasgo general mejoraría de la herramienta cartográfica con la que trabaja?**

La mayoría de encuestados coinciden en que un rasgo a mejorar de estos tipos de herramientas es la complejidad de uso. Se propone simplificar menús y hacer la navegación dentro de la herramienta más intuitiva.

**8. ¿Utilizó la herramienta durante la misión? ¿Con qué frecuencia?**

La muestra en las preguntas referidas al apartado de misiones se reduce considerablemente ya que no todos los encuestados han tenido la oportunidad de salir de misión. La utilización de este tipo de herramientas en misiones en el exterior es el siguiente: un 59% sí ha utilizado la herramienta a diario, un 33% no la llegó a emplear y un 8% sí la empleo pero poco frecuentemente.



*Figura 5: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Frecuencia de uso*

**9. ¿Para qué casos principalmente?**

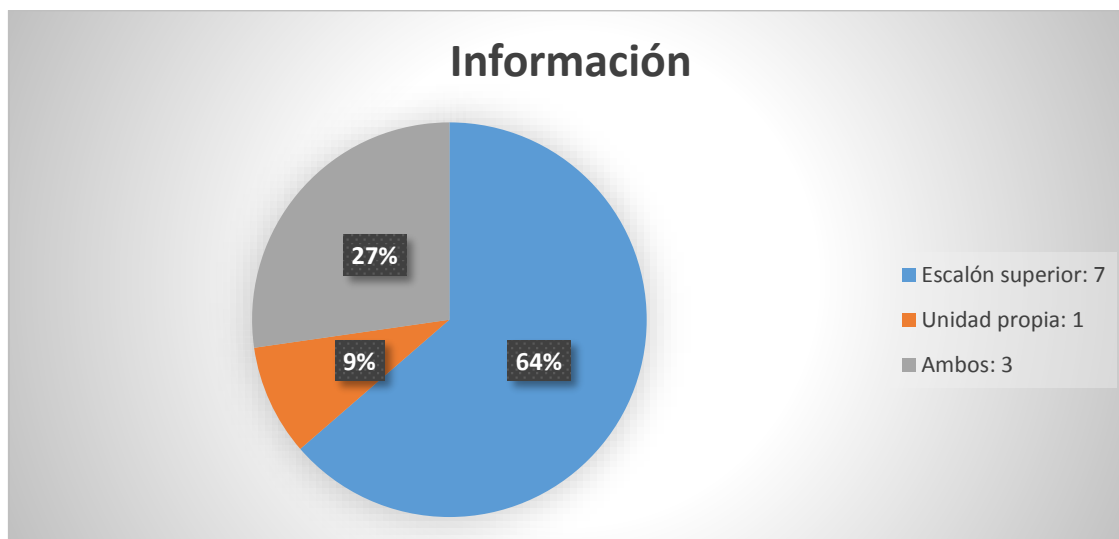
En este caso, todos los encuestados coincidieron en la misma respuesta. Los principales casos en los que se emplean este tipo de herramientas son los reconocimientos de itinerarios, patrullas a pie y el vehículo y navegación por la zona.

**10. ¿Considera que fue de utilidad el empleo de herramientas de este tipo?**

Aquellos que habían utilizado algún tipo de herramienta cartográfica digital afirmaban que fue de gran utilidad para el desarrollo de las operaciones.

**11. ¿La inteligencia acerca del terreno era producida por su unidad o por un escalón superior?**

En lo que a inteligencia se refiere, el 64% de los encuestados apuntan que la inteligencia era elaborada por el escalón superior, el 27% indicaba que era elaborada por el escalón superior y por ellos mismos y solo un 9% afirma desarrollar la inteligencia con sus propios medios.



*Figura 6: Resultados estadísticos de la encuesta. Apartado: Información*

Tras el análisis de los resultados de la encuesta se llega a las siguientes conclusiones:

- A) El número y tipo de herramientas digitales cartográficas utilizadas en la unidad varía considerablemente, destacando Carta Digital, CompeGPS y en menor medida Oruxmaps y Oziexplorer.
- B) Los motivos por los que se utiliza una herramienta en preferencia con otras son básicamente la complejidad de las propias herramientas (Carta Digital está considerada más compleja que el resto) y las funcionalidades de las que disponen (Carta Digital sobresale por su funcionalidad SIG). Este hecho hace pensar que el desconocimiento de la herramienta Carta Digital propicia el uso de otros *softwares* alternativos dado que a priori Carta Digital es la más completa pero no supera el 50% de utilización.
- C) Muy relacionado con el punto anterior está la formación sobre la herramienta. La mayoría de encuestados que recibieron su formación en academias son sargentos o tenientes por lo que esto puede considerarse como un punto positivo al tratarse de una formación sólida. Esta formación fue sobre la herramienta Carta Digital ya que se trata de un *software* propio desarrollado por el Ministerio de Defensa.
- D) Los principales problemas recogidos se pueden agrupar en cuatro casos concretos. En el apartado 2.3.2 *Casos prácticos* se desarrollan específicamente.
- E) Por último, cabe indicar que casi el 60% de los encuestados que han estado de misión, afirman que sí utilizaron herramientas digitales cartográficas durante el transcurso de ésta. Adicionalmente, todos ellos apuntan que la consideraron de gran ayuda y utilidad.

## 2.2 Comparativa de herramientas

Los resultados de la encuesta, en concreto las respuestas a la pregunta 1, muestran el uso mayoritario de dos tipos de “*software*”: herramientas SIG y aplicaciones de apoyo a receptores GNSS. A continuación se presenta un análisis de ambos tipos de herramientas, sus funcionalidades y sus usos, seguido de un análisis comparativo entre las herramientas más relevantes: Carta Digital, CompeGPS, Oruxmaps y Oziexplorer. Las especificaciones de estas herramientas se han incluido en el *Anexo B: Características de Carta Digital* [5], el *Anexo C: Características de Oziexplorer y CompeGPS* [9] y el *Anexo D: Características de Oruxmaps* [10].

### 2.2.1 Herramientas SIG

Un SIG es un *software* específico que permite a los usuarios crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos [11]. Los componentes de los SIG son: *hardware* (ordenador), *software* (programas informáticos), datos (información de cuya calidad dependerán los resultados), procedimientos (esquemas y prácticas operativas) y agentes (usuarios y programadores). El objetivo general de los SIG es proveer de información útil en la toma de decisiones basada en datos espaciales.

El análisis de los datos con SIG tiene por finalidad descubrir asociaciones y relaciones entre los datos, descubrir estructuras espaciales y modelar fenómenos geográficos (se trata en definitiva de crear “conocimiento geográfico”). Los resultados del análisis reflejan la naturaleza y la calidad de los datos y la pertinencia de los métodos y de las funciones específicas aplicadas. El proceso de análisis convierte a los datos en información útil para conocer un problema determinado y a su vez los resultados de este análisis espacial añaden valor económico, científico y estratégico a los datos geográficos [12].

Siguiendo un criterio funcional (se ordenan las distintas operaciones de análisis por el tipo de funciones que realiza y por su nivel de complejidad) existen múltiples clasificaciones para agrupar las funciones de análisis SIG. Una de ellas es la propuesta por Víctor Olaya (2011) [13], una secuencia ordenada por complejidad de las operaciones desde la simple consulta hasta la producción de resultados muy complejos. Se distinguen las siguientes:

- Consultas: Se pueden utilizar criterios espaciales, temáticos y combinaciones de ambos.
- Análisis topológico: Las consultas hechas a las capas de datos espaciales pueden vincularse no solo a su posición concreta, sino también a la relación espacial que tienen con otros elementos presentes.
- Medición: Funciones que producen valores numéricos que describen algunas propiedades espaciales de los objetos, como área, perímetro, longitud de un recorrido, distancia entre dos puntos o factores de forma.
- Combinación: superposición de varias capas de información.
- Transformaciones: Comprenden un conjunto amplio de métodos simples de análisis espacial que cambian (transforman) las entidades originales.

- **Análisis de superficies:** Incluye desde parámetros básicos como la pendiente o la orientación hasta parámetros morfométricos muy específicos (análisis hidrológico) y análisis de visibilidad.
- **Estadística descriptiva:** Los elementos de la estadística clásica tienen sus equivalentes en los datos espaciales, y nos permiten calificar cuantitativamente los datos.
- **Inferencia:** Otro análisis estadístico de gran importancia en los SIG es el que permite inferir comportamientos de las distintas variables y estudiar, por ejemplo, la forma en que éstas van a evolucionar a lo largo del tiempo.
- **Optimización:** En esta categoría se agrupan diversas funciones cuya finalidad es la de seleccionar localizaciones que cumplen determinados criterios.
- **Modelización:** Por funciones de modelización se entiende aquellas que implementan de forma automática la concatenación de diferentes herramientas de análisis parciales sobre distintas capas al objeto de llevar a cabo el desarrollo de un esquema teórico. [13]

En el Anexo B se desarrollan las capacidades específicas de Carta Digital.

### 2.2.2 Aplicaciones de apoyo a receptores GNSS

Por otro lado, tenemos los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) como fuente de información en los SIG. El concepto Sistema Global de Navegación por Satélite refiere a un conjunto de satélites caracterizados por transmitir señales en una frecuencia determinada que es recibida por un receptor y que se utiliza para la localización y posicionamiento de un elemento en cualquier lugar de la superficie terrestre [14].

Existen dos GNSS que se encuentran operativos en la actualidad:

- **NAVSTAR-GPS** (*Navigation System and Ranging - Global Position System*). Sistema operado por el Departamento de Defensa de los EE.UU y formado por una red de 24 satélites.
- **GLONASS** (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*). Sistema operado por el Ministerio de Defensa de la Federación Rusa y formado por una red de 31 satélites (24 en modo operacional).

Existen múltiples clasificaciones referentes a tipos de receptores GNSS que hace alusión a distintos aspectos (portabilidad, precisión, capacidad de aplicar correcciones diferenciales...). Dentro de los receptores GNSS portátiles podemos encontrar dos tipos de dispositivos que son los más utilizados en el ámbito militar: los *hand GNSS* (sin funcionalidad SIG) y *smartphones* o *tablets* (con funcionalidad SIG):

- **Hand GNSS:** Tienen capacidad para crear *waypoints* (puntos de interés), *tracks* (senderos-caminos a pie, constituidos por una unión de puntos) y, algunos, rutas a pie o en coche (como llegar a un destino siguiendo un viario, posibilidad de giro etc.). Su precisión depende de su calidad, pero se dice que tiene precisión métrica (nunca por debajo del metro). Altamente resistentes y de fácil portabilidad en tareas de campo. No tiene un sistema operativo estándar y cada receptor tiene un *software* específico. Existen varios tipos de *software* de escritorio que pueden alimentar de datos a estos receptores: Oziexplorer, CompeGPS, etc. [14]. En el *Anexo C* se

encuentra una descripción más detallada de Oziexplorer y CompeGPS ya que fueron respuestas relevantes de las encuestas.

- *Smartphones* o *tablets*: De precisión métrica. Existe una gran cantidad de aplicaciones sobre estos dispositivos para explotar la capacidad GPS de los *smartphone* emulando las rutinas de trabajo de los denominados hand GNSS. Sin embargo, las aplicaciones del *software* SIG móvil desarrolladas para GNSS profesionales y PDA's con *Windows Mobile* todavía no están muy desarrolladas y simplemente son “visores de mapas”. La oferta de *software* para trabajar con estos dispositivos en el campo y su capacidad depende directamente del sistema operativo que utilizan. [14] En el *Anexo D* se encuentra una descripción más detallada de Oruxmaps por su relevancia en los resultados de las encuestas.




S.O	Aplicaciones GPS	Aplicaciones SIG
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GPX Viewer</li> <li>- GeoGPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ArcGIS (Free - Pago)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carta Digital</li> <li>- OruxMaps</li> <li>- TwoNav (Free - Pago)</li> <li>- IGN Mapas de España</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ArcGIS (Free - Pago)</li> <li>- Collector (Free - Pago)</li> <li>- gvSIG mini (Free)</li> <li>- QGIS (Free)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TwoNav (Free - Pago)</li> <li>- PathAway</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ArcGIS (Free - Pago)</li> <li>- GISRoam</li> <li>- iGIS</li> </ul>

Figura 7: Aplicaciones GNSS y aplicaciones SIG para smartphones o tablets [14]

Si comparamos ambos dispositivos llegamos a las siguientes conclusiones:

- Principal ventaja de *smartphones* o *tablets*: universalización de la capacidad de trabajar en el campo.
- Principal desventaja de *smartphones* o *tablets*: mayor fragilidad de estos dispositivos, menor precisión y mayores problemas de batería que con los hand GNSS [14].

### 2.2.3 Elección de la herramienta

Como hemos podido observar en la encuesta, las aplicaciones más utilizadas por parte de las unidades son Carta Digital con un 42% (una herramienta SIG con *software* de escritorio y aplicación móvil), Oruxmaps con un 7% (aplicación GNSS disponible para el sistema operativo *Android*), CompeGPS con un 34% y Oziexplorer con un 7% (ambos *software* de apoyo a receptores hand GNSS portátiles de tipo *trekking* o montaña).

Para determinar qué herramienta es la más adecuada para implementar de forma unificada en la unidad, se ha realizado una tabla comparativa en la que se tiene en cuenta ciertos aspectos relevantes, como el precio, la facilidad de uso, las funcionalidades, etc. De dicha tabla comparativa podemos extraer un análisis valorativo y determinar qué herramienta es la más adecuada para su explotación en apoyo a ejercicios y operaciones en la unidad.

	Carta digital	CompeGPS/Land	Oruxmaps	Oziexplorer
<b>Precio</b>	Gratuito	Gratuito (89 euros Land Premium)	Gratuito (Versión de pago: 2,99 euros )	Gratuito
<b>Año lanzamiento</b>	1994	2003	2009	1996
<b>Propiedad (factor de seguridad)</b>	ET	TwoNav	José Vázquez	D & L Software Pty Ltd
<b>App móvil</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Interoperabilidad entre PC y App móvil</b>	Sí	Sí	Limitada, dado que sólo sirve para generar mapas georreferenciados partiendo de una imagen	Sí
<b>Licencia libre uso</b>	Sólo para Fuerzas Armadas	Sí	Sí	Sí
<b>Idiomas</b>	Español	Inglés, alemán, español y otros.	Inglés, alemán, español y otros.	Español, alemán, inglés y otros.
<b>Sistemas operativos</b>	Android y Windows	Android y Windows	Android (en Windows la versión desktop para calibrar mapas)	Android y Windows
<b>Formatos</b>	Vectoriales (SIGMIL-Base, Shapefile y KML) y ráster (FRE, GEO, TIFF, ECW y GPX)	-Formatos ráster SID, ECW, BMP y JPG, en formatos vectoriales SHP. -Permite el uso de Modelos Digitales de Terreno cargados en la vista en formatos TXT, DTM, FIL, AGR, ASC.	Propio de OruxMaps. También puede usar mapas de Oziexplorer reconvertidos, o crear tus mapas. -.ozf2, .img garmin, .mbtiles, .rmap y .map (vectoriales de mapsforge).	Formatos ráster (TIF, GEOTIFF, JPG, BMP, PNG, ECW, SID) y vectorial (SHAPE).
<b>Visión 3D</b>	Sí	Sí	Sí	Sí (Programa Oziexplorer3D)
<b>Capas vectoriales</b>	Sí	Sí	Sí	Sí (algunos formatos)
<b>Capas ráster</b>	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>Georreferenciación de mapas e imágenes</b>	Sí	Sí	Sí, la versión <i>desktop</i>	No
<b>Herramientas de análisis</b>	Sí	Limitadas	No	No
<b>Compatibilidad con APP6 (manual de simbología militar)</b>	Sí	No	No	No
<b>Facilidad de uso</b>	Compleja	Sencilla	Sencilla	Sencilla
<b>Funcionalidad SIG</b>	Sí	No	No	No

*Tabla 1: Tabla comparativa de herramientas digitales cartográficas (Ver anexos C, D y E)*



En primer lugar, podemos apreciar que las cuatro aplicaciones son gratuitas, mas dos de ellas poseen versiones de pago para acceder a todas sus funcionalidades. Este dato nos hace decantarnos hacia las aplicaciones gratuitas en un primer momento ya que el coste sería nulo (más si cabe en Carta Digital ya que fue desarrollado por el propio Ministerio de Defensa).

El año de lanzamiento pretende mostrar la durabilidad que tiene cada proyecto. No significa que la más antigua sea la mejor, ni la más moderna, ni la más vanguardista pues todas ellas se han ido modificando y actualizando con el paso de los años. Sí es cierto que cada versión recoge muchos de los fallos solventados de la anterior por lo que este proceso de mejora puede considerarse como algo positivo. Sobre este aspecto, Carta Digital resalta por su temprana fecha de iniciación en 1994 (recordar que las librerías de SIGMIL se adaptan a las nuevas necesidades del ET).

El aspecto de propiedad tiene relación con el factor de seguridad al que se relaciona la herramienta. Por ejemplo, Carta Digital fue desarrollada de forma interna por el Ministerio de Defensa y su propósito y misión van en consonancia con los objetivos de las Fuerzas Armadas (FAS) [15]. Sin embargo, las otras aplicaciones son ajenas al ámbito de defensa (civiles) y en el caso de Oziexplorer o el CompeGPS se trata de *software* en propiedad de entidades o personas extranjeras. Este dato es muy importante ya que en caso de conflicto con algún país puede suponer una dependencia crítica.

Otro punto muy comentado en las encuestas es el de la complejidad de uso de la herramienta. Al ser un dato subjetivo, ya que se trata de la percepción de cada usuario, no podemos medirlo con total exactitud. Sin embargo, los resultados de las encuestas muestran que Carta Digital es una herramienta más compleja mientras que el resto de *software* comparado es más intuitivo.

Otro factor a tener en cuenta es la disponibilidad de idiomas. Cabe recordar que el ET trabaja en el marco de la Unión Europea (UE) y la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN). Una mayor disponibilidad de idiomas amplía las opciones de cooperación internacional.

Una de las características más significativas de la herramienta Carta Digital es la compatibilidad con el manual de simbología militar APP6 [16]. Esta funcionalidad permite plasmar las unidades y símbolos propios del ámbito militar sobre el mapa. Esta característica sólo se encuentra disponible en Carta Digital por lo que le aporta un valor añadido muy relevante sobre el resto de herramientas.

En cuanto a la aplicación móvil, los cuatro sistemas poseen una. De hecho, Oruxmaps dispone de una versión de escritorio muy limitada (solo para generar mapas) por lo que se limita la capacidad de trabajo de la aplicación móvil. El resto de aplicaciones sí dispone de *software* para ordenador por lo que la importación y exportaciones de mapas, rutas, *waypoints* y demás información se realiza con mayor fluidez, ya que trabajar sobre ordenador proporciona más capacidades y es más rápido.

En otros trabajos se ha realizado un estudio parecido entre aplicaciones SIG-tácticos no vehiculares (*software* para ordenador) y SIG-táctico vehiculares que nos permite comparar estas aplicaciones en ambos ámbitos. Con la finalidad de determinar qué SIG-tácticos cumplen mejor los requisitos de las PU de Caballería, en dicho trabajo

se han llevado a cabo una serie de análisis cuantitativos y cualitativos de las características de los diferentes SIG existentes en los ámbitos civil y militar en base a un intensivo trabajo de campo [3]. Las gráficas en las Figuras 8, 9, 10 y 11 están extraídas de dicho artículo y resumen sus resultados.

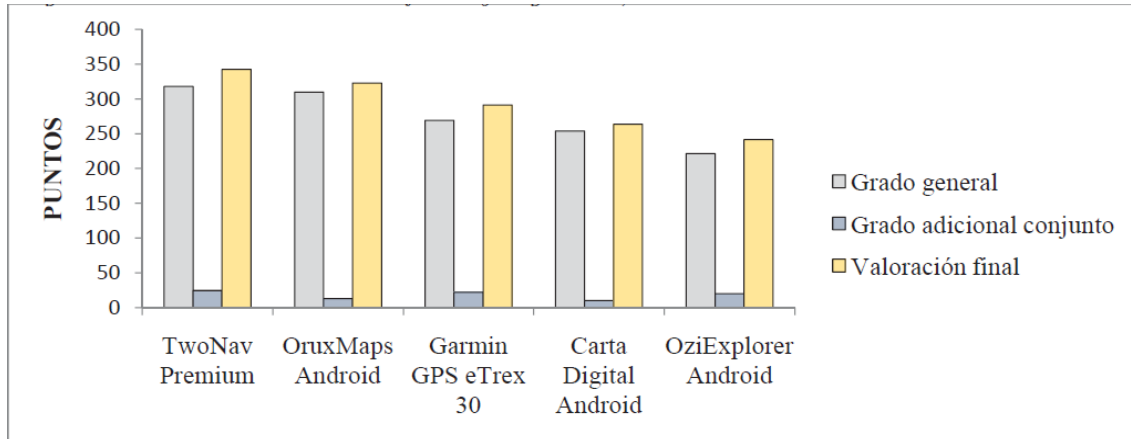


Figura 8: Resultados de los análisis cuantitativos de SIG-tácticos vehiculares [3]

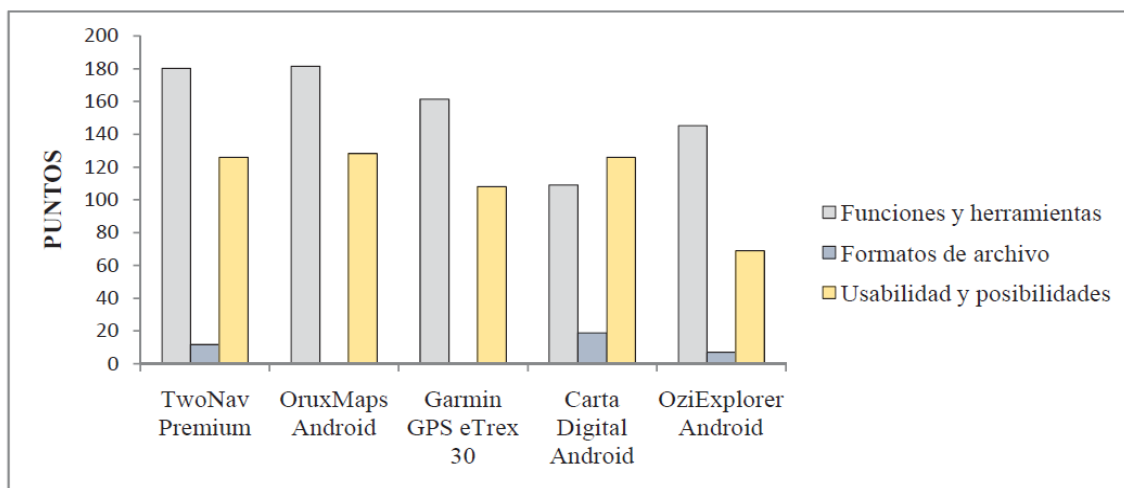
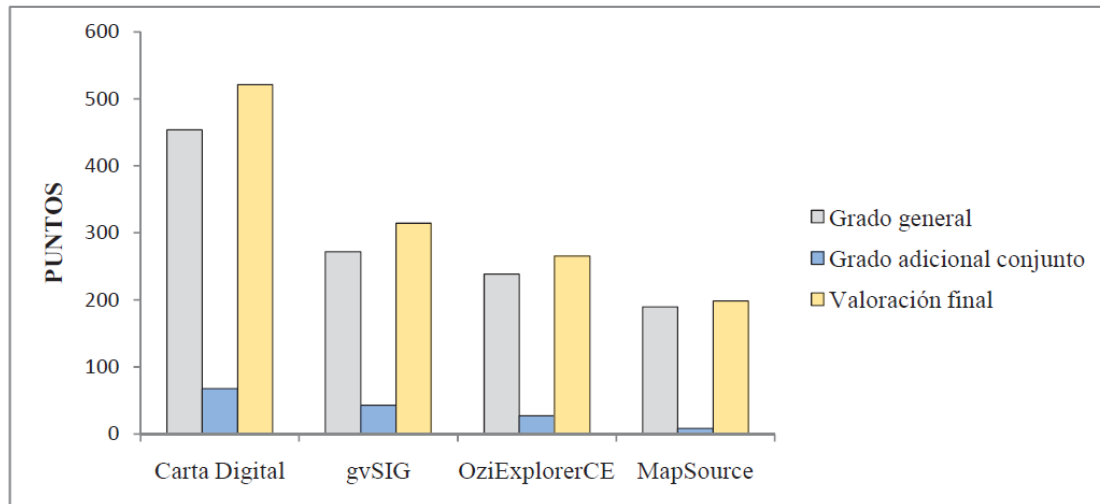


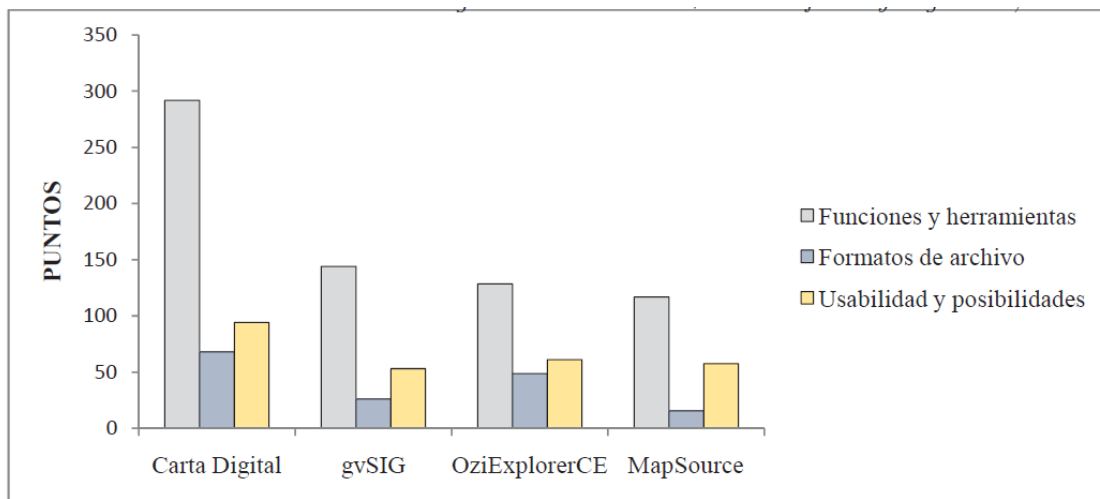
Figura 9: Resultados de cada SIG-táctico vehicular en las diferentes categorías de requisitos [3]

Como podemos observar en las Figuras 8 y 9, Carta Digital no es la más valorada entre los sistemas portátiles disponibles. Son precisamente TwoNav Premium (CompeGPS/Land) y Oruxmaps las más valoradas y las que más funciones y herramientas implementan. Este dato se debe tener en cuenta a la hora de la elección de la herramienta ya que como se ha comentado previamente, la disponibilidad de información durante la conducción de las operaciones es esencial.

Sin embargo, Carta Digital sobresale entre los SIG-tácticos no vehiculares de manera muy notable. Como se puede apreciar en las Figuras 10 y 11, la valoración, las funciones y las herramientas de Carta Digital están muy por encima de cualquier *software* con el que se compare.



*Figura 10: Resultados de los análisis cuantitativos de SIG-tácticos no vehiculares [3]*



*Figura 11: Resultados de cada SIG-táctico no vehicular en las diferentes categorías de requisitos [3]*

Como se ha comentado anteriormente en el desarrollo de las herramientas SIG y las aplicaciones de apoyo a los GNSS, las herramientas de análisis de los sistemas SIG son mucho más desarrolladas y proporcionan una capacidad extra de la que no disponen el resto de aplicaciones. Las aplicaciones de apoyo a los GNSS se limitan a representar los mapas y plasmar *waypoints*, rutas y otras indicaciones pero carecen de capacidad para tratar y analizar la información como las herramientas SIG. Este hecho vuelve a destacar a Carta Digital sobre el resto de herramientas ya que es la única con capacidad SIG real.

Tras este análisis es razonable afirmar que Carta Digital es la herramienta que más se ajusta para su explotación en apoyo a ejercicios y operaciones por su destacable capacidad de análisis (funcionalidad SIG), su seguridad y su compatibilidad con la simbología militar. El resto de aplicaciones quedan más restringidas a la navegación y conducción de operaciones (se ha visto su preferencia frente a la versión móvil de Carta Digital). La navegación y conducción son acciones que forman parte de los ejercicios y operaciones pero no son exclusivas. Es decir, las otras tres herramientas cumplirían su misión en estos dos aspectos pero carecen de prestaciones a la hora de realizar el

planeamiento y el estudio del terreno. Además de todo ello, las encuestas reflejaron que Carta Digital es la herramienta más utilizada actualmente en la unidad por lo que su aceptación no debe suponer un gran riesgo.

## **2.3 Resolución de problemas**

Como se ha podido comprobar, los problemas relacionados con la cartografía y el estudio del terreno son bastante extensos. La variedad de *software* y de dispositivos que ofrece el mercado hace que el modo de empleo de cada usuario sea particular, mas las dificultades que se encuentran suelen converger en los mismos casos. Tras realizar el análisis comparativo se puede observar que Carta Digital es la herramienta adecuada para su explotación en apoyo a ejercicios y operaciones. Por ello, es el software que se va a utilizar para resolver los casos prácticos que se plantean en las encuestas. El caso de la transferencia de la información a medios portátiles supone un punto relevante, y por ese motivo se ha desarrollado de forma específica.

### **2.3.1 Transferencia de información al campo**

El hecho de disponer en el campo de la información con la que se ha trabajado en el ordenador es uno de los grandes problemas con los que siempre se ha topado el ejército. Este hecho resulta vital para la conducción de las operaciones, ya que las decisiones se tienen que tomar en escasos periodos de tiempo en los que la información juega un papel fundamental. Es por ello que en los ejercicios y operaciones se suele trabajar con los anteriormente mencionados Hand GNSS (por su mayor resistencia y autonomía), ya que posibilitan el conocimiento de la posición en tiempo real, entre otras cosas. Sin embargo, estos dispositivos carecen de una capacidad eficaz de análisis y estudio del terreno, tareas que se suelen realizar en ordenadores. La transferencia de información de un dispositivo a otro supone problemas de compatibilidad, pérdida de prestaciones y demás funcionalidades. Por otro lado, las aplicaciones para *smartphones* o *tablets* aportan un valor añadido frente a los *hand GNSS* ya que sí poseen cierta funcionalidad SIG [15, 17].

Dado que Carta Digital es la herramienta seleccionada en el apartado anterior, se procede a realizar un breve estudio sobre las principales funciones y herramientas de la aplicación. Las funciones y herramientas más destacadas son la geolocalización, el cuadriculado, la opción de visualizar capas *online*, la descarga de cartografía, la posibilidad de trabajar con *waypoints*, trazas y rutas, y una desarrollada herramienta de navegación [18].

Como se puede observar, las posibilidades de la aplicación móvil de Carta Digital son muy diversas y útiles para la navegación y posicionamiento del usuario. Estas dos características son las más relevantes a la hora de su utilización en el campo.

Por otro lado, en lo que respecta a compatibilidad de formatos, se trata de una aplicación de visualización de cartografía que permite acceder tanto a datos online y/o almacenados en el dispositivo móvil y la visualización de hasta tres capas, ráster o WMS.

A modo de conclusión se puede afirmar que la aplicación móvil de Carta Digital es capaz de realizar prácticamente las mismas funciones básicas que el resto de aplicaciones. Además de ello, se reducen los problemas de compatibilidad de archivos y visualización de capas tratadas en Carta Digital versión desktop (en la cual se dispone de funcionalidad SIG y se pueden crear consultas específicas como zonas vistas y ocultas por ejemplo).



Figura 12: Navegación en la aplicación Carta Digital Android [17]

En el Anexo G: Carta Digital Android se ha realizado una explicación más a fondo de las características de la aplicación y su modo de uso [17, 18].

### 2.3.2 Casos prácticos

Del mismo modo que en el apartado anterior, Carta Digital es la herramienta utilizada para resolver los problemas recogidos en las encuestas. Las siguientes figuras corresponden a imágenes extraídas de Carta Digital durante el proceso de resolución de problemas. Las capas utilizadas provienen de la asignatura “Información geográfica digital y teledetección” [19] y la mayoría de figuras son de elaboración propia. Las explicaciones realizadas se han elaborado con el apoyo del manual de Carta Digital [20].

En la pregunta 6 de la encuesta se cuestionaba acerca de las principales dificultades que se encuentran en relación al terreno. Las respuestas más frecuentes nos permiten agrupar los siguientes casos:

#### A. La dificultad de movilidad de personal a pie y en vehículos.

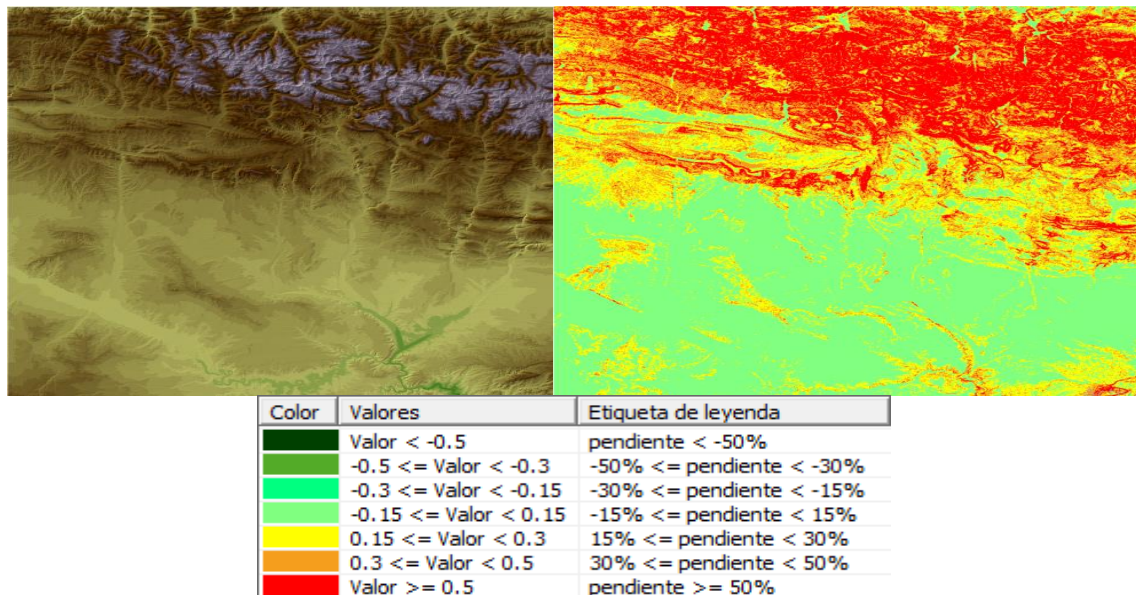
Los desplazamientos que se realizan en ambientes tácticos se llevan a cabo normalmente por terrenos abruptos o de difícil acceso para evitar ser descubierto por el enemigo. Al ser el terreno de tales características, la velocidad de avance se ralentiza y el despliegue adoptado se suele modificar. Este problema se puede solventar principalmente a través de un estudio de las pendientes, la tipología del terreno y la distribución de vías de comunicación, ya que son las principales características que afectan al avance en vehículos o de personal a pie.

En Carta Digital existe una herramienta denominada “Pendientes” que nos permite realizar un estudio sobre un modelo de elevaciones (Figura 13, imagen izquierda). Esta herramienta permite visualizar el contraste de cada área del terreno. El resultado es una

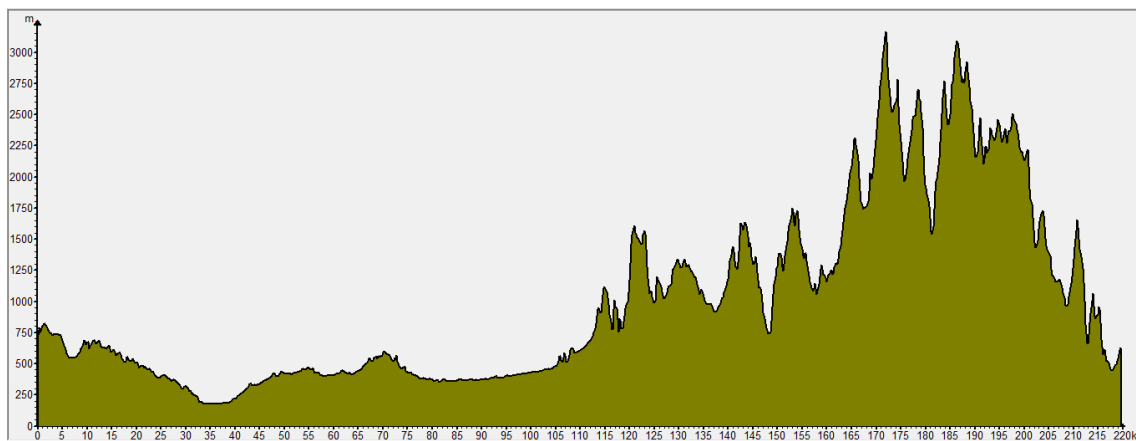
capa de varias tonalidades en la que se reflejan los distintos valores que pueden tener las pendientes del terreno (*Figura 14*, imagen derecha).

Como se puede observar en las *Figuras 13 y 14*, se realiza una clasificación del terreno en función de su pendiente máxima. De este modo podemos cribar qué zonas son transitables y cuáles no. Si queremos conocer el perfil específico de un itinerario podemos trazarlo del mismo modo, analizando cada tramo crítico del recorrido. Existe una herramienta específica denominada “*Perfil*” que nos muestra el plano lateral de un itinerario.

La movilidad varía en cada tipo de terreno, ya que influye en la velocidad de avance y sobre todo en la posibilidad de avance de los vehículos. Los terrenos arenosos o blandos suponen un problema en épocas lluviosas. Del mismo modo, si el terreno es muy duro puede suponer un problema para establecer campamentos o realizar saltos paracaidistas por ejemplo. En Carta Digital existe una herramienta denominada “*Filtro por atributos*”. Esta herramienta permite clasificar cada tipo de terreno por su composición y agruparlos bajo un mismo color (*Figura 15*).

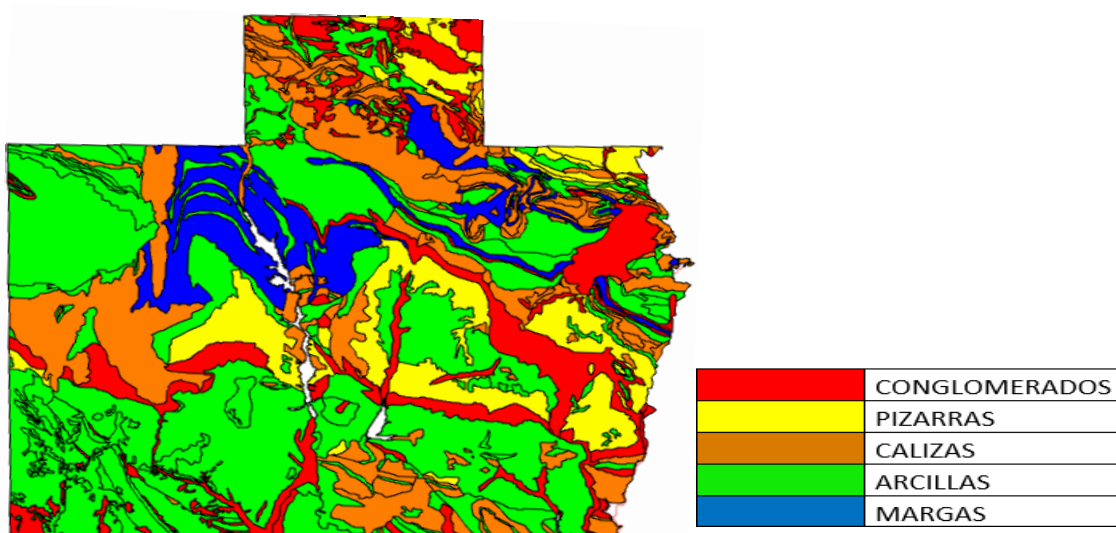


*Figura 13: Herramienta de pendientes aplicada a un modelo de elevaciones*



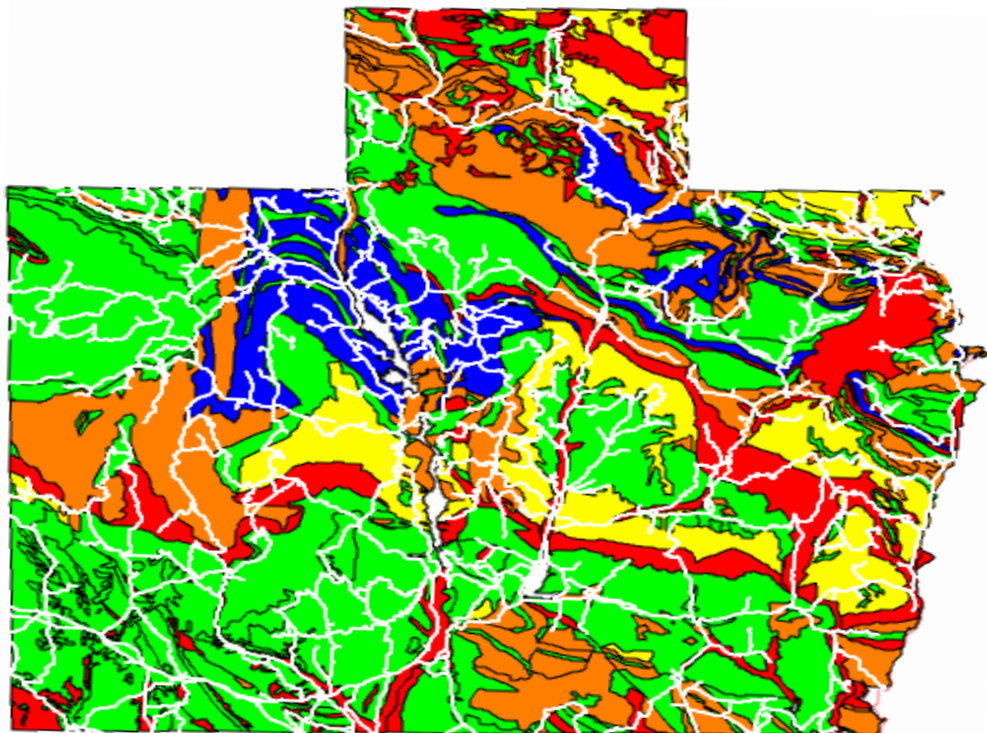
*Figura 14: Herramienta perfil aplicada a un itinerario*





*Figura 15: Herramienta filtro por atributos: Clasificación del terreno en función de su tipología*

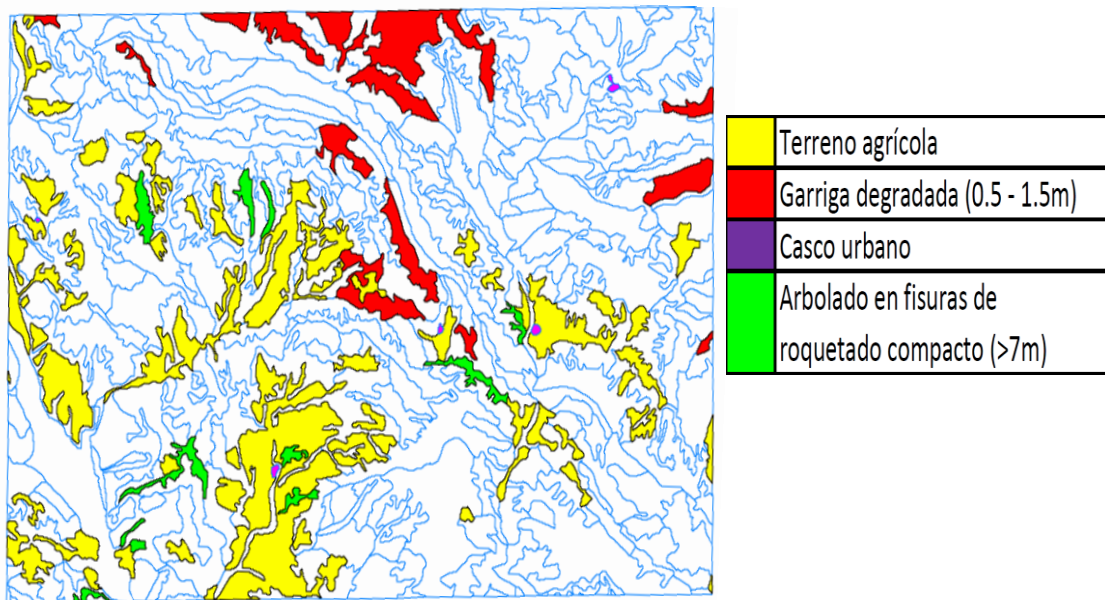
El hecho de disponer de vías de comunicación condiciona de manera notable la movilidad. Para desplazamientos no tácticos las vías de comunicación resultan vitales para alcanzar una velocidad y comodidad óptima. En la *Figura 16* se puede apreciar las líneas blancas que atraviesan cada área. Sólo cuando se abandona la vía de comunicación toma relevancia el tipo de terreno, pues si existe una carretera la tipología del terreno pierde importancia.



*Figura 16: Carreteras disponibles sobre el terreno de la figura 15 clasificado por tipología.*

*B. La dificultad de determinar con exactitud la naturaleza de las zonas boscosas es decir, la altura de la vegetación, la transitabilidad etc.*

Analizando sólo el plano en soporte físico o a través de fotos aéreas no se puede determinar la naturaleza específica de cada zona. Dicha naturaleza condiciona de nuevo la velocidad de avance, el despliegue a adoptar (hilera, columna...) y la movilidad de los vehículos. Es por ello que surge la necesidad de disponer de una herramienta capaz de clasificar y diferenciar cada área en función de su densidad, altura y tipo de vegetación. En Carta Digital existen capas (se pueden visualizar en tablas) en las que se especifica la naturaleza de cada zona de vegetación. En estas descripciones aparece el nombre y la altura de cada área, por lo que se puede realizar un filtro por atributos como el que se realizó con el tipo de terreno.

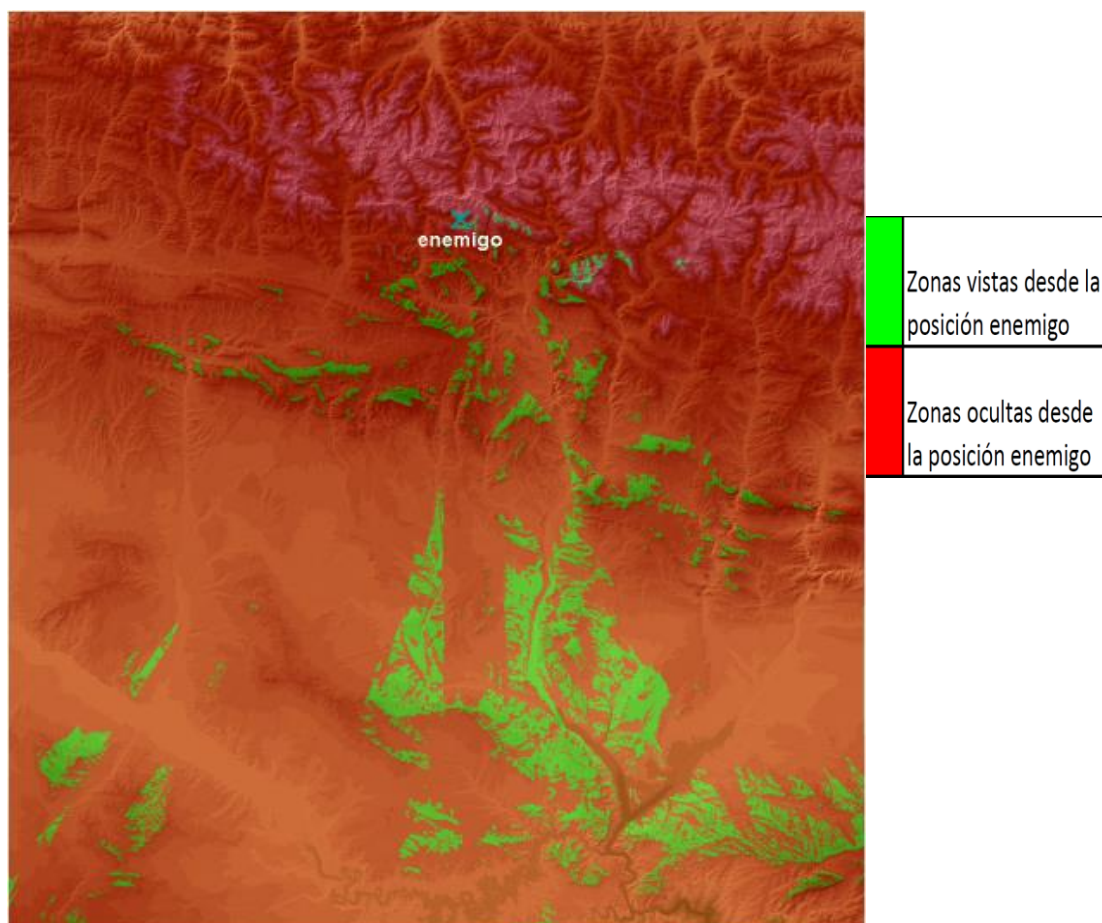


*Figura 17: Herramienta filtro por atributos: Clasificación del terreno en función del tipo de vegetación*

*C. La dificultad de determinar zonas vistas y ocultas.*

En prácticamente la mayoría de ejercicios y operaciones se actúa en una ambientación táctica en la que existe un enemigo ficticio o real. Los desplazamientos que se realizan en la zona de acción deben ser por lo tanto lo más discretos posible. En este contexto, nace la necesidad de analizar las zonas vistas y ocultas desde una posición, ya sea amiga o enemiga, para evitar ser descubierto o por el contrario para controlar y vigilar toda el área de acción. En Carta Digital existe una herramienta específica en la que se pueden introducir las coordenadas de un asentamiento (“enemigo” en este caso) y determinar cuáles son las zonas vistas (verde) y zonas ocultas (rojo) desde esa posición. En función de esta información se puede planear una ruta oculta de las vistas enemigas.





*Figura 18: Herramienta visibilidad aplicada sobre un modelo de elevaciones desde la posición “enemigo”*

#### *D. La dificultad de plasmar el terreno en un modelo 3D*

La percepción que se tiene sobre el terreno observando un plano es muy distinta a como se aprecia realmente en la realidad. Aunque existen herramientas que nos ayudan a determinar la naturaleza del terreno, la vegetación e incluso las zonas vistas y ocultas, como se ha comprobado en los apartados anteriores, la imagen mental que ofrece un modelo 3D aporta un valor añadido muy importante a la hora de orientarse y reconocer el terreno. En Carta Digital existe la posibilidad de dar altura a las edificaciones y plasmar un modelo 3D sobre el plano. En la *Figura 19* se puede apreciar la Academia General Militar (AGM). También existe la posibilidad de representar terreno no urbano como montañas, cultivos o cualquier otro tipo de área (*Figura 20*).

Como conclusiones generales de este apartado 2.3 *Resolución de problemas* se puede afirmar que Carta Digital es la herramienta adecuada para resolver los principales problemas que se han diagnosticado en la unidad Tercio Don Juan de Austria, tercero de La Legión. Esto es debido a la funcionalidad SIG que permite a Carta Digital tratar y analizar la información para crear nuevos modelos y capas de terreno. Todas estas herramientas facilitan una información muy valiosa al mando a la hora de tomar decisiones.





*Figura 19: Herramienta modelo 3D: foto aérea de la Academia General Militar y modelo 3D de la Academia General Militar [21]*



*Figura 20: Herramienta modelo 3D: Campo de maniobras de San Gregorio [21]*

## **2.4 Conclusiones del análisis de herramientas y propuesta**

Tras analizar los resultados de la encuesta, realizar el análisis comparativo y aplicar Carta Digital en los casos prácticos, se extraen una serie de conclusiones:

- A) Carta digital es actualmente la herramienta más utilizada en la unidad del Tercio Don Juan de Austria, tercero de La Legión. Este hecho puede indicar, sin llegar a afirmar, que la utilización de ésta herramienta es puntera en el ET. Sin embargo, esta mayoría solo alcanza un 42% del total. Estos datos reflejan que a pesar de ser conocida y empleada, no existe una coordinación o dirección en su modo de uso y existen otras herramientas que eclipsan su utilización.
- B) A través de la comparación de herramientas se observa que las capacidades y funciones de Carta Digital son muy superiores en cuanto a estudio del terreno se refiere. Este hecho se explica por la capacidad SIG de análisis, característica diferenciadora del resto de herramientas.
- C) Por otro lado, la versión móvil de Carta Digital se muestra útil y capaz de ofrecer una cómoda y correcta navegación y posicionamiento del usuario.
- D) Carta Digital es la herramienta adecuada para resolver los principales problemas que se han diagnosticado en la unidad.

Todas estas conclusiones se sintetizan en una propuesta: la explotación de Carta Digital en apoyo a ejercicios y operaciones. La propuesta que se plantea consiste en adoptar Carta Digital como herramienta digital cartográfica oficial y estandarizada en las unidades. De hecho, ésta propuesta “ya está vigente” en el ejército pero como han mostrado las encuestas, sin éxito. Se pretende fomentar su uso e impulsar la formación de los cuadros de mando en dicha materia con el fin de normalizar un único sistema y conseguir una mayor coordinación. Algunas posibles acciones a realizar se comentan en el apartado de conclusiones, posibles líneas futuras.

## **3 Análisis de riesgos**

Todo desarrollo de un proyecto lleva asociados riesgos que son necesarios considerar para garantizar el éxito y viabilidad del mismo. La propuesta realizada en el apartado anterior, la explotación de Carta Digital en apoyo a ejercicios y operaciones, no se trata de una excepción. Para ello se desarrolla un análisis DAFO y un análisis cualitativo de riesgos. El análisis DAFO pretende contextualizar el proyecto dentro del marco del ET y detectar las debilidades, amenazas, fortalezas y debilidades de la propuesta. Es decir, enmarcar el alcance, tratar las generalidades del proyecto y considerar como afectaría al ámbito de la defensa. Por otro lado, se realiza un análisis cualitativo que muestra los riesgos asociados al desarrollo del proyecto. Ambos constituyen un pilar fundamental para el análisis de la propuesta comentada y su futuro desarrollo.

### **3.1 Análisis DAFO**

El análisis DAFO es una herramienta idónea para realizar un diagnóstico fiable de nuestra empresa en relación a un determinado proyecto ante el que deseemos tomar una decisión estratégica. Su uso facilita una información valiosa de forma sencilla tras identificar debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la organización en un contexto o mercado particular [22].

FACTORES INTERNOS DE LA UNIDAD		FACTORES EXTERNOS A LA UNIDAD	
<b>DEBILIDADES (-)</b>		<b>AMENAZAS (-)</b>	
1	Negativa por parte de los mandos a adoptar Carta Digital.	1	Software civil más potente y eficaz.
2	Inversión de tiempo excesiva en formación.	2	Dependencia de un único sistema.
		3	Descoordinación con otras unidades.
<b>FORTALEZAS (+)</b>		<b>OPORTUNIDADES (+)</b>	
1	Mayor coordinación entre los mandos de la unidad.	1	Mayor interoperabilidad con el resto de unidades.
2	Mismos procedimientos.	2	Mayor protección frente a ataques.

*Tabla 2: Análisis DAFO: Explotación de Carta Digital en apoyo a ejercicios y operaciones*

Dentro del análisis DAFO podemos diferenciar entre factores internos de la unidad y factores externos de la unidad.

Los factores internos están comprendidos por las debilidades y fortalezas que tiene o podría tener la unidad en el caso de que se adoptase Carta Digital como herramienta digital cartográfica. Las principales debilidades que se observan en un primer momento son la negativa de los mandos a adoptar Carta Digital como *software* propio y la inversión excesiva de tiempo en formación y preparación. Como mostraron los resultados de la encuesta, sólo el 42% de los mandos encuestados utilizan Carta Digital y el resto prefieren otros sistemas sustitutivos por diversos motivos (facilidad de uso, costumbre, compatibilidad con otros sistemas...). El hecho de implantar Carta Digital, desconocido para muchos, puede llevar a una reacción reacia por parte de algunos cuadros de mando. Evidentemente, esta negativa dificultaría mucho la adopción y normalización de la herramienta dentro de la unidad. Por otra parte, hay que tener en cuenta que la gran mayoría de mandos que no utilizan Carta Digital necesitarán una formación en dicha herramienta, ya sea a través de sus propios compañeros o recibiendo un curso formativo. Ambos casos implican una inversión considerable de tiempo ya que, como indicaban los encuestados, la herramienta no es del todo intuitiva y es necesario conocerla a fondo. El tiempo necesario para esta adopción supone sin duda alguna una debilidad para la unidad que vería mermada su programación.

Las principales fortalezas resultantes de este proceso serían una mayor coordinación entre los mandos de la unidad y la unificación de procedimientos para el planeamiento y el estudio del terreno. Es decir, si todos los mandos de la unidad adoptan Carta Digital como el *software* predeterminado para planeamiento y estudio del terreno, las herramientas utilizadas (vistas ocultas, pendientes, vistas 3D...) por todos ellos serían las mismas y el modo de empleo también. Con ello se pretende eliminar las disparidades que existen en la utilización de las distintas aplicaciones disponibles en el mercado ya que no todas tienen las mismas posibilidades ni el mismo modo de mostrar la información.

Por otro lado, encontramos los factores externos, aquellos que son ajenos a la unidad mas influyen en la misma. El aspecto negativo de estos factores externos son las amenazas que pueden afectar a la implementación de Carta Digital. Entre ellas



encontramos la existencia de *software* civil gratuito y muy potente. Como han mostrado las encuestas, una gran parte de los encuestados prefieren utilizar sistemas civiles por su comodidad o facilidad de uso. Este hecho evidencia que existe una competencia real en el campo de las herramientas digitales cartográficas, y por lo tanto una amenaza a la explotación de Carta Digital. Otra amenaza derivada de este proceso es la dependencia de un solo sistema (Carta Digital). Si todo el mundo utiliza Carta Digital y se olvidan el resto de herramientas, puede llegar un punto en el que el sistema falle, sea atacado o cualquier otra vicisitud que deje a la herramienta inoperativa. Esta dependencia de la herramienta puede llegar a suponer una grave amenaza en tales situaciones. Por último, el hecho de explotar Carta Digital en las unidades puede suponer una descoordinación con unidades ajenas en las que dicha herramienta no sea utilizada y dependen de otros sistemas civiles. Es decir, Carta Digital es una gran herramienta que se encuentra en dotación en el ejército, pero la utilización de otros sistemas auxiliares puede suponer un gran apoyo a la hora de trabajar con otras unidades que operen con distintos formatos, herramientas o procedimientos.

Las oportunidades constituyen el elemento positivo de estos factores externos. Una mayor interoperabilidad con el resto de unidades y una mayor protección frente a ataques suponen las dos grandes bazas a favor de la explotación de Carta Digital en apoyo a ejercicio y operaciones. Si todas las unidades implementan Carta Digital como su herramienta predeterminada, se puede llegar a conseguir un mayor entendimiento e interoperabilidad. Por otro lado, debemos recordar que Carta Digital fue un sistema creado en la cuna del ET por lo que es lógico pensar que la misión y visión de la herramienta concuerdan en alto grado con los objetivos del ejército. Las herramientas civiles tienen un espectro más amplio de aplicaciones por lo que difícilmente pueden alcanzar la eficiencia de una herramienta dedicada como Carta Digital. Además, la información que maneja este tipo de aplicaciones es de vital importancia y su seguridad es un factor importante. En el caso de Carta Digital, la seguridad está garantizada por el Ministerio de Defensa mientras que en el caso de las aplicaciones civiles no se puede garantizar una protección completa de los datos. De hecho, algunas empresas son de propiedad extranjera o entidades ajenas al ámbito de la defensa, por lo que supone un punto débil en la seguridad.

En resumidas cuentas, este análisis pretende dar veracidad a la propuesta y mostrarla como un proyecto viable y realizable en el marco del ET. Permite identificar cuatro grandes rasgos del proyecto (debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades) y da una visión genérica del trabajo a realizar y el modo de enfocar el proyecto.

### **3.2 Análisis Cualitativo**

El análisis cualitativo de la propuesta trata de establecer una clasificación y priorización de los riesgos identificados. Se pretende usar una matriz de probabilidad e impacto, así como el plazo y la tolerancia al riesgo de las restricciones del proyecto como coste, tiempos, alcance y calidad. Los riesgos identificados los podemos dividir en tres categorías: riesgos bajos, riesgos moderados y riesgos altos/críticos. [23]

- Riesgos bajos: no se prevé ninguna acción ya que se asumen las consecuencias en caso de materializarse.

- Riesgos moderados: se plantea un seguimiento y control de las áreas afectadas por el riesgo. En función de la evolución del mismo proponer una acción mitigadora o asumir el riesgo.
- Riesgos altos/críticos: se plantean acciones mitigadoras para evitar que el riesgo se materialice o en caso de hacerlo reducir el impacto.

Los riesgos analizados han sido seleccionados en base a varios criterios. En primer lugar, las conclusiones obtenidas a lo largo del trabajo se toman como punto de partida para identificar riesgos. El estudio estadístico realizado a los resultados de la encuesta refleja muchos datos relevantes sobre la utilización de herramientas digitales cartográficas y las percepciones que tienen los usuarios sobre ellas. Por otro lado, los materiales de asignaturas del Centro Universitario de la Defensa (CUD) de Zaragoza, sobre todo los de la asignatura de “Información geográfica digital y teledetección”, aportan conocimientos y datos relevantes sobre herramientas digitales cartográficas y el análisis de riesgos (asignatura de oficina de proyectos). Por último, la consulta a expertos en la materia (Doctor Alberto García, profesor del CUD) añade un juicio crítico muy valorado a los riesgos considerados en la herramienta del análisis cualitativo.

La matriz de riesgos del proyecto nos muestra un resumen de los riesgos, clasificados por probabilidad de ocurrencia e impacto. El desglose completo de cada riesgo se encuentra adjunto en el *Anexo F: Análisis cualitativo de riesgos*. El único riesgo bajo que se ha considerado es la incompatibilidad con otros formatos civiles. Se considera un riesgo de probabilidad e impacto bajo ya que el propio Centro Geográfico del Ejército se encarga de producir cartografía y las librerías de Carta Digital están en constante actualización. Al ser un riesgo bajo no debe tomarse ninguna medida.

### Matriz riesgos proyecto

					Estadística	
Probabilidad	ALTA (3)	0	1	0	Clase riesgo	Nr
	MEDIA (2)	1	2	0	Alto (rojo)	0
	BAJA (1)	1	1	1	Alto - medio (naranja)	1
		BAJO (L)	MEDIO (M)	ALTO (H)	Medio (amarillo)	5
Impacto					Bajo (verde)	1
					Total:	7

*Tabla 3: Matriz de riesgos del proyecto*

Los riesgos medios que se han identificado son cinco:

1. Obsolescencia del sistema: este riesgo se ha considerado de impacto medio y probabilidad baja. La razón de asignarle un impacto medio radica en la velocidad de evolución que sufren este tipo de medios informáticos. Por otro lado, como se

ha indicado en el apartado de antecedentes del presente proyecto, las librerías del SIGMIL se encuentran en permanente actualización y mejora por lo que la probabilidad de que se materialice este riesgo es baja. La medida a tomar frente a su aparición consiste en actualizar de manera periódica las librerías y el *software* del sistema.

2. Pérdida de prestaciones en navegación y posicionamiento del usuario: como se ha podido observar en la comparación de herramientas, Carta Digital no posee el software más potente en cuanto a aplicación móvil se refiere. La probabilidad de perder prestaciones por utilizar Carta Digital se ha considerado media por este mismo motivo, mientras que el impacto se ha contemplado como bajo, ya que la diferencia entre Carta Digital Android y otros sistemas no es muy elevada. La medida propuesta para mitigar este riesgo es proponer nuevas funcionalidades para Carta Digital.
3. Negativa de las unidades a implementar Carta Digital: este riesgo se ha clasificado con una probabilidad y un impacto medios. El impacto medio se debe a que la no utilización de Carta Digital por parte de las unidades supondría el fracaso parcial del proyecto y la probabilidad media se asocia a que, como mostraron las encuestas, cerca del 60% de los encuestados no utilizan actualmente Carta Digital. La medida que pretende mitigar este riesgo es la comunicación a las unidades de las capacidades que posee Carta Digital y mostrarla como un sistema funcional y práctico.
4. Excesiva inversión de tiempo en formación: nuevamente la probabilidad y el impacto de este riesgo son de carácter medio. Las encuestas han mostrado que Carta Digital es considerada una herramienta compleja, por lo que cabe suponer que su aprendizaje sea una tarea laboriosa y lenta. Este hecho implicaría empeñar recursos de la unidad durante un tiempo que podría considerarse excesivo. La acción a realizar para contener este riesgo consiste en la elaboración y planificación de un curso de Carta Digital en el que se estructure el contenido de manera breve y sintetizada. Otras acciones a realizar pueden ser el desarrollo de cursos y tutoriales online de formación individualizada.
5. Fallo o colapso del sistema: este riesgo se ha reflejado con una probabilidad baja dada la seguridad y vigente desarrollo con el que cuenta el sistema. Por otro lado, en caso de aparición, el riesgo tendría un impacto alto ya que paralizaría las acciones a realizar con la herramienta de Carta Digital (el resto de herramientas civiles no serían utilizadas ya). La medida a tomar consiste en promover un mantenimiento periódico del sistema y vigilar posibles sobrecargas o ataques al *software*.

Por último, el único riesgo alto identificado se relaciona con la dificultad de aprendizaje de la herramienta por parte del personal. Como ya se ha comentado, Carta Digital es considerada como un *software* complejo de emplear. Este hecho propicia la utilización de otras herramientas más intuitivas y menos costosas de manejar (ver resultados de la encuesta). El abandono de Carta Digital supone el retorno al punto inicial del proyecto en el que no existe una coordinación y dirección única de la herramienta utilizada en el planeamiento y conducción de ejercicios y operaciones. Es por ello que a este riesgo se le ha asociado un impacto medio y una probabilidad alta. La medida a realizar supone una simplificación de los menús de navegación y en definitiva, hacer más intuitiva la herramienta para facilitar su empleo.

A modo de cierre del apartado, es preciso comentar que el análisis de riesgos supone una parte fundamental de la propuesta y su estudio previene costes, retrasos y demás inconvenientes relacionados con el desarrollo de la misma. Las medidas fundamentales a adoptar en relación a la propuesta de explotación de Carta Digital en apoyo a ejercicios y operaciones son:

1. Informar a las unidades de las capacidades de Carta Digital. Este hecho supone un paso fundamental para publicitar la herramienta y concienciar al personal de su utilidad y capacidad de análisis.
2. Hacer el uso de la herramienta más intuitiva y fácil de manejar. Uno de los grandes problemas detectados en la encuesta es precisamente la complejidad de uso de Carta Digital, razón por la cual algunos usuarios prefieren otras herramientas digitales cartográficas.
3. Adaptar las carencias de Carta Digital a las herramientas civiles más desarrolladas en navegación y *software* para Android.

## 4 Conclusiones

El terreno siempre se ha mostrado como uno de los factores decisivos en el desarrollo de operaciones y ejercicios. Por ende, existe la necesidad de disponer de herramientas digitales cartográficas que estudien y analicen las particularidades del terreno y así disponer de la máxima información posible para tomar las decisiones. La variedad y abundancia de este tipo de herramientas cuestiona la idoneidad de explotación de alguna de ellas en relación con el ámbito de la defensa.

Los resultados de la encuesta reflejan que la utilización de este tipo de herramientas es habitual en las unidades pero no existe ningún criterio unificado en cuanto a su uso. Destaca levemente la utilización de Carta Digital por sus funciones específicas y por la formación en academias de sargentos y tenientes. Asimismo, la encuesta recoge las principales dificultades que se encuentran en relación con el terreno. Estas dificultades, que se han resuelto en el apartado de casos prácticos, son la movilidad a pie y en vehículos, la dificultad de determinar la naturaleza de las zonas boscosas, la determinación de zonas vistas y ocultas y la dificultad de plasmar el terreno en un modelo 3D.

El análisis comparativo muestra Carta Digital como una alternativa sólida y segura, en propiedad del Ejército de Tierra y con un rasgo diferenciador muy destacable: capacidad de análisis SIG. Esta funcionalidad SIG permite realizar una serie de consultas y trabajos específicos que se amoldan perfectamente a las principales necesidades actuales con las que cuentan las unidades. Este hecho ha quedado demostrado en la resolución de los casos prácticos. Carta Digital es capaz de resolver todos y cada uno de estos casos aplicando su capacidad SIG anteriormente mencionada y generar nuevas capas vectoriales, capas ráster, perfiles o modelos 3D que permiten una mayor y mejor interpretación del terreno y sus características.

Cabe mencionar que la versión *desktop* del *software* Carta Digital es mucho más potente y está más desarrollado que su versión móvil. No obstante, la interoperabilidad existente entre ambos soportes hace que la transmisión de información entre ambos sea fluida y permite trabajar tanto en el escritorio como en el campo. La versión móvil, *a priori*, se encuentra en desventaja frente a otras aplicaciones civiles como podría ser



Oruxmaps. Sin embargo, la síntesis de ambas plataformas y la sobrada capacidad de navegación y posicionamiento que ofrece la aplicación móvil hacen de Carta Digital la herramienta adecuada para el planeamiento y conducción de ejercicios y operaciones.

La potenciación de la herramienta Carta Digital supone la posibilidad de conseguir una mayor coordinación entre los cuadros de mando y unos mismos procedimientos estandarizados. Es por ello, que como línea futura del presente trabajo, cabe considerar la idea de implementar un curso oficial de Carta Digital en el que se licencie el personal que desempeña puestos tácticos muy relacionados con el estudio del terreno, como podría ser el capitán de la tercera sección de la plana mayor de los batallones. Además de ello, el análisis cualitativo de riesgos presenta ciertas medidas a implementar para prevenir riesgos asociados a la explotación de Carta Digital. Los más relevantes son hacer más intuitivo el uso de Carta Digital, informar a las unidades de las capacidades y utilidad de la herramienta y adaptar las carencias que presenta frente a otro *software* civil.

## Bibliografía

1. Cap. Medina Fuentes, A.J. (sin fecha). *Apoyo Geográfico a Operaciones*. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. Madrid. Recuperado el 31/10/2018 de: <https://administracionelectronica.gob.es/pae/Home/dam/jcr:d0bb5ac4-7a4d-493f-ba2e-f08737593eb8/74inciativas-legales.pdf>
2. Mando de Adiestramiento y Doctrina. (2011). *PD1-001 Empleo de las Fuerzas Terrestres*. Ejército de Tierra. Ministerio de Defensa. Madrid.
3. Fernández Moreno, A.J., García-Martín, A. y Ramos Mezquita, A. (2016). *Análisis de programas de sistemas de información geográfica en función con las necesidades de las pequeñas unidades de Caballería del Ejército de Tierra*. IV Congreso Nacional de I+D en Defensa y Seguridad. Zaragoza. pp. 1019-1026.
4. Sun Tzu. (último tercio del siglo IV a. C). *El arte de la guerra*. Versión digital. Recuperado el 31/10/2018 de: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/656228.pdf>
5. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. (2015). *Carta Digital*. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. Madrid.
6. De la Sierra Rabadán Banegas, M<sup>a</sup>. (2012). *Proyecto fin de carrera Carta Digital*. Madrid. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. Madrid.
7. Lamelas Gracia, M.T. y García Martín, A. (2018). *Tema 1: Introducción a los SIG: contexto epistemológico y tecnológico, definición, componentes, evolución y aplicaciones generales de los SIG*. Materiales de la asignatura Información geográfica digital y teledetección. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
8. Mando de Adiestramiento y Doctrina. (2010). *MI4-112 Equipo/pelotón de observación del batallón de infantería*. Ejército de Tierra. Ministerio de Defensa. Madrid.
9. De Ramos Ponte, J. (2016). *Análisis de los sistemas de información geográfica en las unidades de Infantería. Aplicación al estudio del terreno.*. Trabajo Fin de Grado. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
10. *Manual de Usuario, OruxMaps v.7.1*. (2017). Versión Digital. Recuperado el 31/10/2018 de: <https://www.oruxmaps.com/oruxmapsmanual.pdf>
11. Confederación de Empresas de Andalucía. (2010). *Sistemas de Información Geográfica, tipos y aplicaciones empresariales*. Confederación de Empresas de Andalucía. Recuperado el 31/10/2018 de: <http://sig.cea.es/SIG>
12. Mando de Adiestramiento y Doctrina. (2012). *EGE-VA-003 Fundamentos de Información Geográfica Digital*. Ejército de Tierra. Ministerio de Defensa. Madrid.
13. Olaya, V. (2014). *Sistemas de información geográfica*. Versión digital. Disponible en: <http://volaya.github.io/libro-sig/>
14. Lamelas Gracia, M.T. y García Martín, A. (2018). *“Bloque II: Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) como fuente de información en los Sistemas de Información Geográfica”*. Materiales de la asignatura Información geográfica digital y teledetección. Zaragoza. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
15. Comandante Borralló Corisco, C. (2017). *Carta Digital. El sistema de apoyo geográfico a las pequeñas unidades*. Revista Ejército, 923, pp. 94-99.

16. Mando de Adiestramiento y Doctrina. (2012). *APP-6C. Extracto APP-6C NATO military joint symbology*. Ejército de Tierra. Ministerio de Defensa. Madrid.
17. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. (2015). *7 APK MOVIL*. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. Madrid.
18. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. (sin fecha). *Manual de Usuario de la Carta Digital Android v2.0*. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. Madrid.
19. Lamelas Gracia, M.T. y García Martín, A. (2018). *Sesión práctica 3: funciones de análisis vectorial Carta Digital Archivo*. Materiales de la asignatura Información geográfica digital y teledetección. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
20. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. (sin fecha). *Manual de Usuario de la Carta Digital v7.0*. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. Madrid.
21. Lamelas Gracia, M.T. y García Martín, A. (2018). *Conceptos básicos de visualización 3D y edición de videos*. Materiales de la asignatura Información geográfica digital y teledetección. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
22. EAE business school. (2018). *Análisis DAFO: ¿Qué es y para qué sirve?* Recuperado el 31/10/2018 de:  
<https://www.eaeprogramas.es/internacionalizacion/analisis-dafo-que-es-y-para-que-sirve>
23. Acero Cacho, R. (2018). *Tema 5: Gestión de riesgos*. Materiales de la asignatura Oficina de Proyectos. Zaragoza. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.
24. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. (2015). *La Carta Digital no descansa*. Centro Geográfico del Ejército de Tierra. Madrid.
25. Lamelas Gracia, M.T. y García Martín, A. (2018). *Sesión práctica 1: Introducción a Carta Digital*. Materiales de la asignatura Información geográfica digital y teledetección. Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza.

## **Anexo A: Encuesta**

### **DATOS DEL ENCUESTADO**

Empleo:

Nombre completo:

Puesto operativo actual:

Destinos:

Misiones:

### **Cuestionario**

#### **GENERALIDADES**

1. ¿Ha utilizado o utiliza actualmente algún tipo de herramienta cartográfica digital? (Carta Digital, GV SIG). En caso afirmativo indique cual.
2. ¿Por qué utiliza dicho sistema en preferencia con otros programas o aplicaciones del mercado?
3. ¿Para qué emplea o empleó dicha herramienta? (planificación de maniobras, temas tácticos, misiones en el exterior...)
4. ¿Cómo recibió la formación para el uso de la herramienta?
5. A la hora de planificar las maniobras ¿Cómo realiza el estudio del terreno?
6. ¿Cuáles son las principales dificultades que se encuentran en relación al terreno?
7. ¿Qué rasgo general mejoraría de la herramienta cartográfica con la que trabaja?

MISIONES (conteste a las preguntas solo si ha participado en alguna misión)

8. ¿Utilizó la herramienta durante la misión? ¿Con qué frecuencia?
9. ¿Para qué casos principalmente?
10. ¿Considera que fue de utilidad el empleo de herramientas de este tipo?
11. ¿La inteligencia acerca del terreno era producida por su unidad o por un escalón superior?

## **Anexo B: Características de Carta Digital**

El presente anexo se ha extraído de un artículo del Centro Geográfico del Ejército de Tierra [5] y completado con dos referencias [24, 25].

### **Planteamiento de la necesidad**

La disponibilidad de información geográfica fiable, actualizada y oportuna ha sido, es y será una cuestión de vital importancia para los ejércitos, tanto en el planeamiento como en la conducción de operaciones militares.

Esta necesidad, en un principio era satisfecha fundamentalmente con documentos gráficos impresos (mapas). Actualmente, la evolución de las tecnologías de la información demanda emplear tecnologías basadas en SIG (Sistemas de Información Geográfica), que utilizan información y bases de datos geográficos digitales para proporcionar la información, así como múltiples herramientas de análisis.

En el caso de las pequeñas unidades esta necesidad ha sido cubierta por el *software* Carta Digital.

### **Descripción y finalidad**

Carta Digital es el componente *software* de un sistema de información geográfica desarrollado con la totalidad de las funciones implementadas por SIGMIL (Sistema de Información Geográfica Militar). Su objetivo es poner a disposición del usuario militar las herramientas necesarias para satisfacer sus necesidades de explotación y análisis cartográfico, tanto a nivel básico como a niveles más especializados de la función de apoyo geográfico. Actualmente ha sido complementada con una versión para dispositivos móviles con sistema operativo Android.

### **PRINCIPALES CAPACIDADES:**

#### **Simbología militar normalizada APP6-C**

Este módulo permite gestionar el árbol de símbolos APP6-C en sus tres vertientes: símbolos meteorológicos, de unidades y tácticos. Este recurso reside físicamente en una base de datos Access y es gestionable desde el mismo módulo.

En base al árbol de símbolos APP6-C se puede confeccionar fácilmente cualquier tipo de despliegue o situación táctica, ligarla al terreno y gestionarla de manera eficiente.

#### **Módulo 3D**

Permite la visualización de volúmenes (cilindros, prismas, o referencias puntuales) y textos flotantes en el visor 3D, con posibilidad de dar aspecto semitransparente e información textual asociada para la incorporación de información operativa tridimensional, permitiendo de un solo vistazo observar aquellos elementos más característicos del terreno que puedan ser de interés militar.

#### **Importación-exportación y acceso a datos**

Este bloque incluye las funcionalidades destinadas a: importar y exportar a formato Shape (ArcInfo) así como driver de acceso a formato Shape en modo sólo lectura, importación y acceso a datos en formato de la aplicación Geomedia (Intergraph), exportación-importación de tablas de puntos Ascii, importar de formato DGN y DXF, driver de acceso a bases de datos para los motores SQL Server y MySQL y, por último, importar celdas con datos en formato S57 (hidrográficos).

## **Gestor de impresión cartográfica**

Con este bloque se implementan los recursos necesarios para poder confeccionar un gestor de impresión mejorado basado en cajetines (mapa, leyenda, títulos, regleta de escalas, imagen, etcétera) que se actualiza automáticamente sincronizado con el visor.

## **GPS**

El módulo GPS permite representar en la aplicación la posición proporcionada por un GPS sobre el mapa base que se esté utilizando. Asimismo, es capaz de presentar datos proporcionados por el dispositivo GPS tales como error en el posicionamiento o dirección de avance. En este módulo se han introducido mejoras relativas a: poder definir puntos de control, rutas y posibilidad de incorporar los datos registrados por GPS a una base de datos vectorial.

## **WMS (Web Map Service)**

Carta Digital dispone de un cliente WMS de forma que permite tanto visualizar como descargar cartografía vía Intranet o Internet. Esta funcionalidad permite elaborar mapas ad hoc componiendo archivos físicos de cartografía con cualquier capa proporcionada por cualquier servidor del mundo siempre que cumpla los estándares OGC (Open Geospatial Consortium) de obtención de mapas online. La gran ventaja que proporciona este servicio es que posibilita la obtención de mapas, imágenes satélites, fotografías aéreas, etcétera de cualquier parte del mundo con el único requisito de conocer la dirección del servidor donde se encuentra dicha información.

## **Análisis ráster, vectorial y matricial.**

Estos módulos contienen las herramientas destinadas las herramientas necesarias para llevar a cabo labores de análisis del terreno de forma sencilla y rápida. Entre las múltiples posibilidades se encuentran utilidades como: cálculo de zonas vistas y ocultas, curvas de nivel, edición y creación de cartografía...

## **Herramienta de toponimia**

La Carta Digital dispone de una herramienta de toponimia que permite al usuario localizar la posición de un topónimo o el nombre del topónimo en unas coordenadas. Esta herramienta utiliza una tabla vectorial con geometrías de tipo punto.

## **Librerías GDAL**

Estas librerías de libre difusión permiten a Carta Digital la capacidad de leer más de 150 formatos diferentes, dando la posibilidad de escribir en un gran número de ellos. Esto hace que Carta Digital sea capaz, a día de hoy, de entender la información geográfica digital producida por cualquier *software* del mercado dotándole de un gran poder de interacción con diferentes *softwares* comerciales y del ámbito OTAN.

## **Carta Digital para dispositivos móviles**

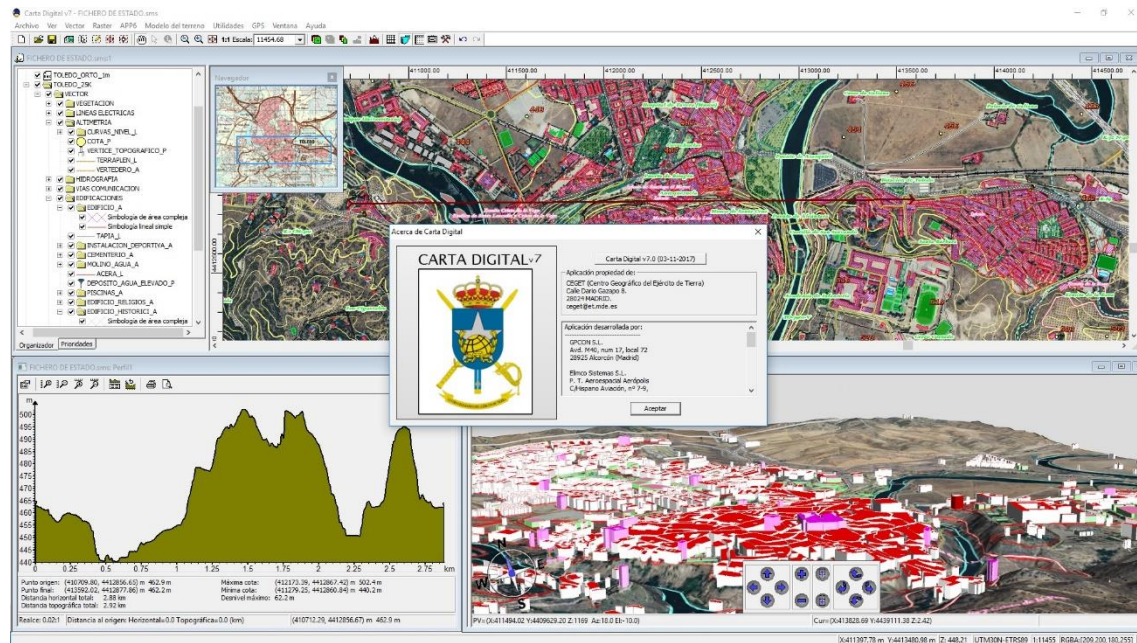
Junto a todas las capacidades anteriores se ha desarrollado un navegador para dispositivos Android.

Con este nuevo *software* se dispone de un navegador similar a los que ya se pueden encontrar en el mercado pero con la ventaja de que su actualización se va haciendo conforme a las necesidades de los propios usuarios militares.

A día de hoy es capaz de grabar nuestras rutas empleando el formato gpx y de interactuar con Carta Digital escritorio permitiendo pasar la cartografía elaborada en la



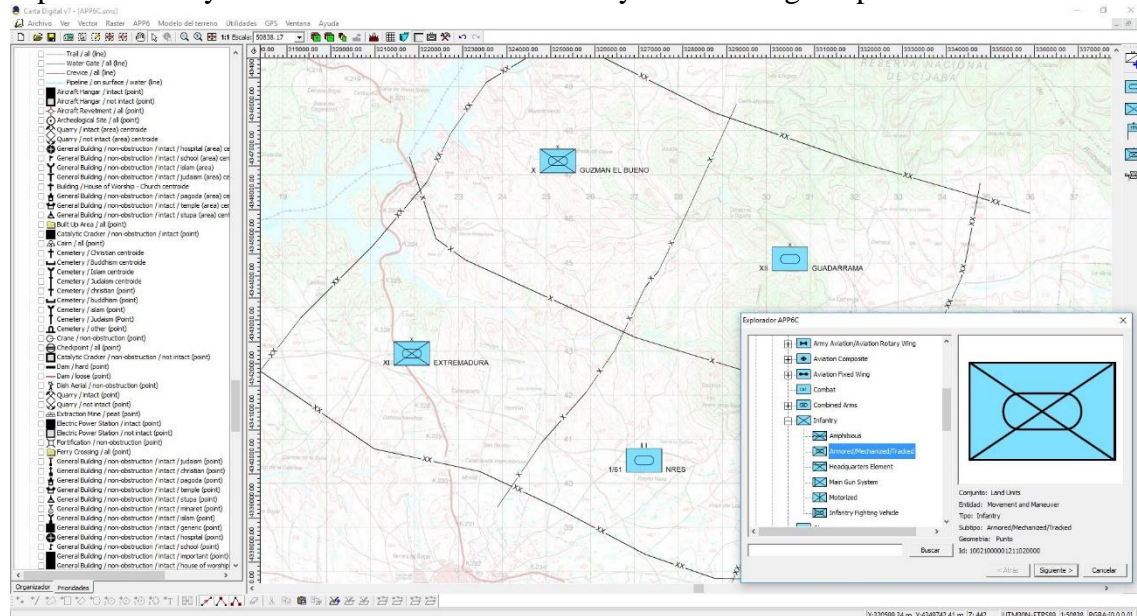
misma al dispositivo móvil, así como cualquier ruta o punto de interés elaborado en gabinete.



*Figura 21: Imagen de ejemplo de Carta Digital*

Todas estas capacidades han sido desarrolladas para satisfacer las necesidades específicas desde el punto de vista militar, especialmente, en lo referente a la simbología propia, acceso a formatos militares normalizados y análisis y representación del terreno.

Con facilidad de uso y acceso a la información incluso para usuarios no especializados y con una distribución ilimitada y sin coste alguno para los usuarios.



*Figura 22: Imagen APP-6 Carta Digital*

## **Anexo C: Características de Oziexplorer y CompeGPS**

El presente anexo se ha extraído de un trabajo fin de grado referenciado del Centro Universitario de la Defensa [9].

En este anexo se mostrará un listado de las principales características de Oziexplorer y CompeGPS.

Las características y funciones principales de Oziexplorer son las siguientes:

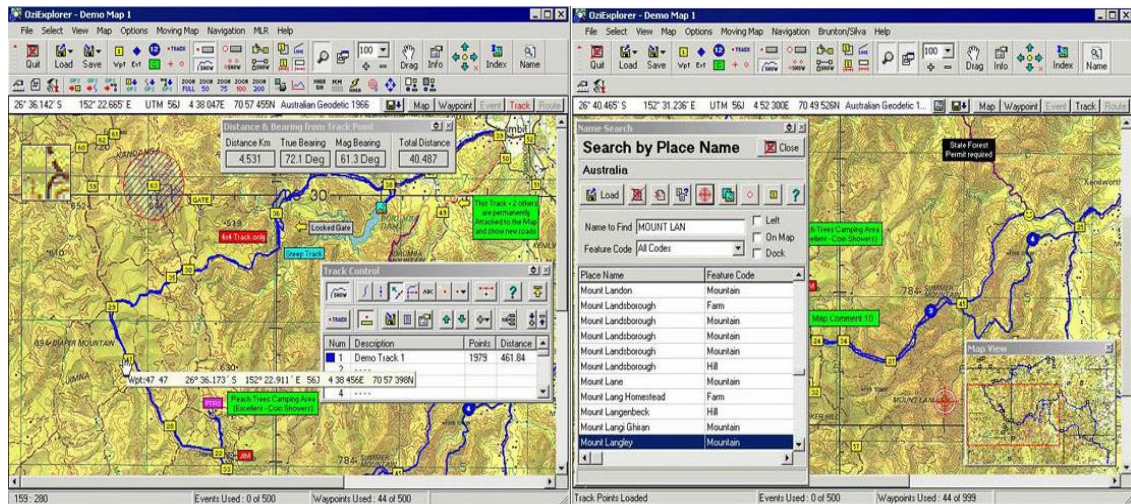
- Navegación en tiempo real, mostrando la posición actual sobre plano o imagen cargado en la vista.
- Georreferenciación de mapas propios obtenidos con un escáner. Permite hasta 9 puntos de control.
- Visualización de información geográfica en diferentes formatos ráster (TIF, GEOTIFF, JPG, BMP, PNG, ECW, SID) y vectorial (SHAPE).
- Tiene más de 100 datums permitidos, incluso diez pueden ser creados por el usuario. Compatible con numerosos tipos de proyecciones (UTM, BNG, IG, Suiza, Sueca, NZG +).
- Permite crear *waypoints*, *tracks*, y rutas sobre el mapa y traspasarlos a dispositivos GPS en formato GPX.
- Soporte directo y completo para la mayoría de los receptores Lowrance/Eagle, Garmin, Magellan, Brunton/Silva y MLR, tanto para la carga como la descarga de *waypoints*, rutas y *tracks*.
- Soporta la importación y exportación de eventos en los receptores GPS Lowrance/Eagle GPS.
- Permite la creación de elementos permanentes en el mapa y situar símbolos y comentarios.
- Impresión de mapas personalizados con listas de *waypoints* y rutas.
- Tiene herramientas para la creación de perfiles de altura y velocidades a partir de los *tracks*.

Los requisitos mínimos para su uso en la versión Beta 3.73h.1 son:

- Sistema operativo: Windows 95/98/ME/NT4/2000/XP/Vista/7.
- Memoria: 256 MB de RAM.
- CPU: Pentium 200 MHz.
- Monitor: VGA Monitor 800x480.
- Disco duro: 10MB.

En la *Figura 23* se pueden ver dos ejemplos de una capa ráster visualizada desde OziExplorer.





*Figura 23: Ejemplos de visualización de OziExplorer*

El programa CompeGPS tiene bastantes similitudes a OziExplorer, sus principales características son las siguientes (CompeGPS Team S.L., 2004):

- Visualización de mapas digitales, en formatos ráster SID, ECW, BMP y JPG, en formatos vectoriales SHP.
- Navegación en tiempo real, mostrando la posición actual sobre plano o imagen cargado en la vista.
- Georreferenciación de mapas e imágenes.
- Creación de *waypoints*, *tracks* y rutas sobre un mapa digital y exportarlos a dispositivos GPS en formatos WPT, TRK y RTE.
- Permite el uso de Modelos Digitales de Terreno cargados en la vista en formatos TXT, DTM, FIL, AGR, ASC.
- Permite trabajar con distintas proyecciones como UTM, LAT-LONG, British Grid.
- Importación y edición al ordenador *waypoints*, rutas y *tracks* realizados a través de dispositivos GPS y editarlos.
- Servicios WMS.
- Visualización de capas en 3D.

Los requisitos mínimos del sistema para la versión Land/Air 7.0.3 son:

- Sistema operativo: Windows 2000 / XP. Mac OS X 10.6.8.
- Sistema operativo: Pentium 100 MHz o similar.
- Memoria RAM: 64 Mb.

En la *Figura 24* se puede ver dos ejemplos de una capa ráster visualizadas desde CompeGPS.

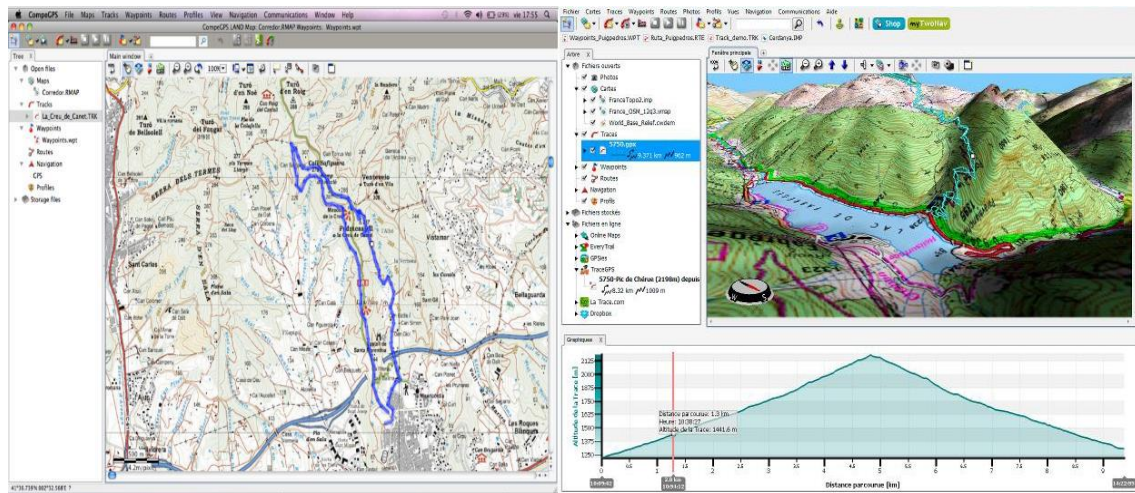


Figura 24: Ejemplos de visualización de CompeGPS Land.

## **Anexo D: Características Oruxmaps**

El presente anexo se ha elaborado en base al manual de Oruxmaps [10].

OruxMaps es un visor de mapas libre desarrollado por José Vázquez para dispositivos con sistema operativo Android. Su uso preferente en dispositivos móviles está orientado a excursionistas, ciclistas y navegantes deportivos. La primera versión del programa apareció en 2009. Incluye ayuda a la navegación GPS con características adicionales, utilizando tanto mapas en línea como fuera de línea.

### **Características**

- El programa permite visualizar mapas geográficos para dispositivos Android en dos modos: On-line y Off-line.
- El uso de mapas On-Line, a través de conexión a Internet, permite acceder a una gran variedad de mapas de OpenStreetMap, OpenSeaMap, Google Maps, Microsoft MapPoint, Instituto Geográfico Nacional de España, SIGPAC, etc.
- Algunos de estos mapas pueden ser almacenados en el dispositivo, permitiéndose su uso posterior en modo off-line. A través de páginas web como OpenAndroMaps o 4UMaps.
- Se pueden conseguir mapas para el modo off-line listos para su uso y disponibles para la mayoría de las principales atracciones turísticas del mundo, así como para casi todos los países.
- Es posible crear mapas off-line por medio de un editor interno; así como con programas externos tales como Mobile Atlas Creator (MOBAC) generado en el PC. A partir de la versión 5.0 también se pueden mostrar mapas 3D si el dispositivo tiene información sobre la altura.
- Por medio de la función de GPS se puede encontrar la propia posición o calibrar mapas off-line.
- Por otra parte, las pistas y rutas pueden generarse, almacenarse, procesarse y seguirse en formato GPX.
- El formato KML de Google Maps o Google Earth también está soportado.
- El programa también incluye una función para planificar las rutas ya sea que te traslades en coche, transporte público, bicicleta o a pie.

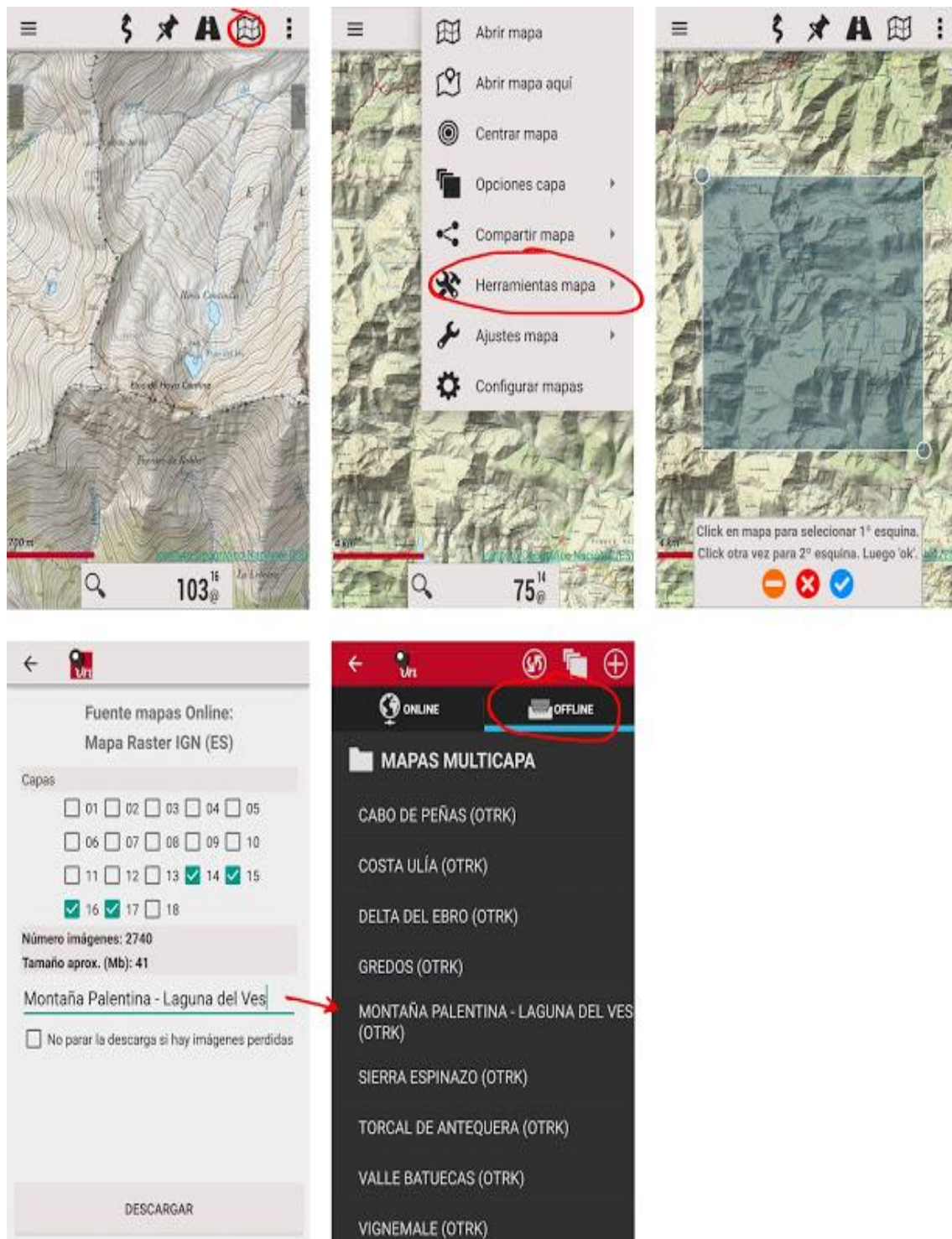


Figura 25: Ejemplo visualización Oruxmaps



## **Anexo E: Carta Digital Android**

El presente anexo se ha extraído de una presentación PowerPoint del Centro Geográfico del Ejército de Tierra [17].

### **REQUISITOS SOFTWARE Y HARDWARE**

Software: Android 4.2 o superior

Hardware:

Requisitos mínimos:

- Procesador 1GHz
- 768 MB de memoria RAM
- Pantalla, resolución mínima de 320 x 480 píxeles.
- 200 MB de almacenamiento local

Requisitos recomendados:

- Procesador 1GHz y 2 núcleos.
- 1 GB de memoria RAM
- Pantalla, resolución mínima de 320 x 480 píxeles.
- Procesador gráfico con capacidad de ejecutar WebGL
- 4 GB de almacenamiento local
- GPS / Sensor magnético.

### **CONCEPTOS GENERALES**

- Visualización de hasta tres capas, ráster o WMS.
- Geolocalización por GPS y/o datos, utiliza los datos del posicionamiento para centrar el visor, capturar trazas o navegación de rutas.
- Creación y captura de *waypoints*, trazas y navegación sobre rutas.
- Definición de rutas y asistencia a la navegación de estas rutas.
- Importación/Exportación *waypoints*, trazas y rutas a través de GPX para su uso en otras aplicaciones o dispositivos.
- Manejo de archivos Ráster: RGB/RGBA, formato GeoTIFF, y proyección en coordenadas EPSG: 3857. (Web Mercator)

Funcionalidades: Existe una presentación PowerPoint elaborada por el Centro Cartográfico del Ejército en la que se explica el funcionamiento específico de la aplicación y algunas de sus funciones como geolocalización, descarga y carga de cartografía, *waypoints* etc. [17].

## Anexo F: Análisis cualitativo de riesgos

Centro Universitario de la Defensa			Análisis de riesgos		Trabajo Fin de Grado				
Título Propuesta:			EXPLOTACIÓN DE CARTA DIGITAL EN APOYO A EJERCICIOS Y OPERACIONES						
Evaluación de riesgos									
ID	Descripción riesgo	Categoría riesgo	Causa del riesgo	Impacto (bajo, medio, alto)	Probabilidad (1,2,3)	Clase riesgo	Efectos riesgo	Medida	Clase riesgo tras implementar medida
1	Obsolescencia del sistema	Desarrollo	Falta de inversión y actualización del sistema	M	1	1M	Restricción de posibilidades de empleo	Actualizar periódicamente las librerías y software	1L
2	Negativa de las unidades a implementar Carta Digital	Desarrollo	Reticencia de los mandos a cambiar sus herramientas propias	M	2	2M	Poca efectividad del proyecto al no ser utilizada Carta Digital	Informar a las unidades de las capacidades de Carta Digital	2L
3	Dificultad de aprendizaje de la herramienta por parte del personal	Desarrollo	Software específico y desconocido por alguna parte de la unidad	M	3	3M	Problemas de formación y manejo de la herramienta	Simplificar los menús de navegación de la herramienta	2M
4	Excesiva inversión de tiempo en formación	Desarrollo	Necesidad de formación a mandos inexpertos en Carta Digital	M	2	2M	Excesiva inversión de personal y tiempo en tareas de formación	Realizar planificación breve y sintetizada de un curso de Carta Digital así como material online de formación individualizada	1M
5	Fallo o colapso del sistema	Calidad	Gran número de usuarios y datos o posible ataque informático	H	1	1H	Pérdida de capacidad de análisis y estudio del terreno	Realizar un mantenimiento periódico del sistema	1M
6	Pérdida de prestaciones en navegación y posicionamiento del usuario	Desarrollo	Existencia de herramientas digitales cartográficas civiles más potentes	L	2	2L	No disponibilidad del mejor sistema posible	Adaptarse a las funcionalidades de las que carece Carta Digital	1M
7	Incompatibilidad con otros formatos civiles	Desarrollo	Existencia de cartografía civil	L	1	1L	Incapacidad de visualización de capas y otros elementos	No se contempla	1L

Tabla 4: Análisis cualitativo de riesgos